L

des m
dr

diver
un

Mécan

L

IM

MANUEL

DE

L'ARTISAN

CONTENANT

des notions sur le calcul et sur le toisé, sur la mécanique, l'hydraulique, les machines à vapeur, spécialement celles des bateaux, les vis, poulies, plans inclinés. roues à aubes, hélices, machines à souffler ; sur les chaudières à vapeurs, soupapes de sûreté, appareils d'alimentation, baromètre, manomètre, thermomètre, conduites d'eau, pompes, etc., etc.

PLUS

diverses recettes d'ateliers, des tables numériques nombreuses, une foule de renseignements intéressants, 275 demandes et réponses pratiques, beaucoup de problèmes résolus, et plus de 100 figures.

PAR EDOUARD MANY

Mécanicien en chef de la corvette fédérale " La Canadienne "

Ouvrage publié sous le haut patronage de

L'honorable J.-G. BLANCHET

Président de la Chambre des Communes du Canada

QUEBEC

IMPRIMERIE D'ELZÉAR VINCENT

224, Rue et Faubourg Saint-Jean

1884

PREFACE

Un ouvrage en français sur la mécannique, avec les poids et mesures anglais, est une chose inconnue en ce pays. L'absence d'un semblable livre crée une lacune, un véritable vide ; c'est un manque de secours à l'égard des artisans.

Dans le but de combler cette lacune, et dans le but aussi de se rendre généralement utile à la classe ouvrière, l'auteur, cédant aux puissantes sollicitations de ses nombreux amis, livre aujourd'hui à la publicité des notes qui sont le fruit de 20 ans d'expérience, et auxquelles il a ajouté plusieurs articles puisés dans quelques auteurs anglais, américains ou français, tels que Scribner, Haswell, Molesworth, Ainsley, Reed, Murry, Wilson, Long & Buel, Appleton, Ganot, Gouin et Le Chatellier, manuel du constructeur de moulins, catéchisme du marin et du mécanicien à vapeur.

Il est pénible de voir que, dans presque toutes industries, ce sont des étrangers qui sont à la tête de ces travaux, tandis que nos compatriotes ont toutes les aptitudes nécessaires pour devenir d'excellents chefs d'usines ou d'ateliers, et sont cependant relégués au second rang, faute de savoir l'anglais ou de pouvoir se procurer, sur la mécanique, un ouvrage écrit dans leur langue maternelle, où ils pourraient puiser les connaissances nécessaires.

L'auteur s'est réjoui en voyant le gouvernement fonder l'école des "Arts et métiers"; c'est un grand pas de fait dans la voie du progrès ; mais si ceux qui en suivent les cours, pendant l'hiver, avaient dans leur langue maternelle, des ouvrages qu'ils pourraient étudier, dans leurs moments de loisir, leurs progrès n'en seraient que plus rapides.

Le même besoin se fait sentir à l'égard des artisans intelligents, éloignés des villes : la publication d'un ouvrage de ce genre, en français, leur permettra d'acquérir des connaissances qui sont indispensables dans leurs différentes carrières ; car, l'expérience du passé prouve que ceux qui les conduisaient ne connaissaient pas assez les lois de la Physique, et la théorie de la mécannique.

L'auteur d'un livre nouveau doit toujours s'attendre à la critique ; celui de ce manuel espère qu'elle sera juste, dans l'intérêt bien entendu de la science.

Si cet ouvrage pouvait mériter la haute considération de l'Honorable Surintendant de l'Instruction Publique, et s'il était, par cet honorable Monsieur, jugé digne d'être introduit dans les maisons d'éducation, je crois qu'il aurait pour effet d'aider les élèves dans le choix de leur carrière, et de diminuer le nombre des déclassés dans le monde.

En obtenant ce résultat, le pays en sera plus prospère et l'auteur aura atteint son but.

E. MANY

Mécanicien en chef de la Corvette "La Canadienne."

Nota. En livrant ce receuil au public, l'intention de l'auteur n'a pas été de faire un traité d'Arithmétique ; cependant il peut garantir l'exactitude des règles qu'il donne, parce qu'il les a revues et corrigées avec soin.

Pour bien comprendre ce travail il faut suivre l'itinéraire que l'auteur à suivi lui-même.

A la fin de ce recueil, il y aura un dictionnaire renfermant les différents mots français et anglais en usage en mécannique.

MANUEL DE L'ARTISAN

PRELIMINAIRES

Explication des signes employés dans le cours de cet ouvrage

+ Le signe *plus* + indique l'*adition* ; 8 + 7 signifie que 8 doit être augmenté de 7, ce qui donne 15 pour *somme*.

— Le signe *moins* — indique la *soustraction* ; 8—5 signifie que 8 doit être diminué de 5, ce qui donne 3 pour *reste*.

× Le signe *multiplié par* × indique la *multiplication* ; 9 × 5 signifie que 9 doit être multiplié par 5 ou pris 5 fois, ce qui donne 45 pour *produit*.

÷ Le signe *divisé par* ÷ ou : indique la *division*; 32 ÷ 8 ou 32:8 signifie que 32 doit être divisé par 8, ou partagé en 8 parties égales, ce qui donne 4 pour *quotient* ; ce nombre 4 indique aussi combien de fois 32 contient 8.

= Le signe *égale* = indique l'*égalité* ou l'équivalence ; 9 + 5 = 14 ; lisez : 9 plus 5 égale 14. A gauche du signe = c'est le *premier membre* de l'égalité ; à droite c'est le *second membre*. Les deux membres d'une égalité sont comme des poids égaux se faisant équilibre dans les deux plateaux d'une balance. Il est évident que, sans qu'il cesse d'y avoir égalité ou équilibre, les deux membres peuvent être augmentés ou diminués d'un même nombre, multipliés ou divisés par un même nombre.

( ) Les *parenthèses* ( ) indiquent que les nombres ou quantités placés à l'intérieur doivent être considérés comme une seule quantité, un seul nombre ; (7 + 3) × 4 signifie que c'est 7 + 3 ou 10 qu'il faut répéter 4 fois, ce qui donne 40.

. Un *point* . placé à gauche d'un chiffre ou d'un nombre indique que les chiffres qui suivent représentent des *fractions décimales* de l'unité, ou simplement des décimales ; .4 représente 4 dixièmes ; .45 représente 45 centièmes ; .027 représente 27 millièmes.

Dans les ouvrages français, c'est une *virgule* que l'on place en avant des décimales, et lorsqu'il n'y a pas d'unités dans le nombre, on met toujours un *zéro* à la place des unités; les nombres donnés plus haut en exemples s'écrivent ainsi : 0,4 0,45 0,027.

: :: Les signes *est à* : et *comme* :: s'emploient pour écrire les *proportions*; par exemple, 3 : 6::8:16, se lit 3 *est à* 6 *comme* 8 est à 16 ; en effet, 3 est la moitié de 6, comme 8 est la moitié de 16.

Dans les ouvrages modernes, on écrit de préférence les proportions sous forme de fractions égales : $\frac{3}{6} = \frac{8}{16}$

Exposant. Un petit 2 placé à la droite d'un nombre, vers le haut, signifie que ce nombre doit être multiplié par lui-même, ou élevé au *carré* : 6^2 équivaut à 6 × 6 ou à 36, qu'on nomme *carré* de 6. Le chiffre 2 est alors appelé *exposant*. L'exposant peut être un nombre quelconque.

L'exposant 3 indique la 3e *puissance* ou le *cube* d'un nombre; ainsi 5^3 équivaut à 5 × 5 × 5 ou à 125, qu'on nomme *cube* de 5.

√ Le *radical* √ indique *l'extraction* de la *racine* 2e ou *carrée* ; ainsi $\sqrt{36}$ indique la *racine carrée* de 36, laquelle est 6, car 6 élevé au carré donne 36.

L'expression $\sqrt{5^2-3^2}$ indique que le carré de 5, qui est 25, doit être diminué du carré de 3 qui est 9, et que la différence, qui est 16, doit subir l'extraction de la racine carrée, ce qui donne 4.

Pour indiquer une *racine cubique* ou 3e, on emploie le signe *radical* avec un petit 3 placé en *indice* ; ainsi $\sqrt[3]{125}$ indique la racine 3e ou cubique de 125, laquelle est 5, puisque 5 élevé à la puissance 3e ou au cube donne 125.

L'indice d'une racine peut être un nombre quelconque.

La lettre grecque π (pi) représente, par convention, le nombre 3,1416 ou $3\frac{1}{7}$ ou $\frac{22}{7}$, qui exprime combien de fois la longueur d'une *circonférence* quelconque contient la longueur du *diamètre*, ou combien de fois la longueur d'une *demi-circonférence* contient la longueur du *rayon*.

Ainsi, dans un cercle quelconque, la circonférence est les $\frac{22}{7}$ du diamètre, et la demi-circonférence est les $\frac{22}{7}$ du rayon ; le diamètre est les $\frac{7}{22}$ de la circonférence, et le rayon les $\frac{7}{22}$ de la demi-circonférence.

Le nombre π ne peut être exprimé d'une manière tout à fait exacte ; la valeur $\frac{22}{7}$ ou $3\frac{1}{7}$ ou 3,14 donne des résultats exacts dans les trois premiers chiffres ; il en est de même du nombre inverse $\frac{7}{22}$ ou 0.318, qui exprime ce qu'est le diamètre par rapport à la circonférence.

La valeur 3,1416 donne des résultats exacts dans les cinq premiers chiffres ; il en est de même du nombre inverse 0,318 31.

On emploie souvent des lettres pour représenter des nombres ; s'il s'agit de nombres inconnus, que l'on cherche, on emploie ordinairement les dernières lettres de l'alphabet, comme x, y, z ; s'il s'agit de nombres censés connus, mais qui peuvent changer d'un problème à un autre, on emploie ordinairement les premières lettres a, b, c, ... ; souvent aussi, qu'il s'agisse de nombres connus ou de nombres inconnus, on chosit les initialas des mots auxquels correspondent ces nombres, c'est ainsi qu'on appellera r le *rayon* d'un cercle, d le *diamètre*, c la *circonférnce*, C le *cercle* considéré comme surface.

A l'aide de ces symboles, on exprime comme il suit les divers énoncés relatifs au cercle :

$$c=\pi d, =2\pi r, \qquad \tfrac{1}{2}c=\pi r$$

$$d=c:\pi \qquad r=\tfrac{1}{2}c:\pi$$

$$C=\tfrac{1}{2}cr=\tfrac{1}{4}cd=\pi r^2=\tfrac{1}{4}\pi d^2$$

Entre deux lettres consécutives, le signe de la multiplication est sous-entendu ; ainsi la formule $C=\frac{1}{2}cr$ signifie que *l'aire d'un cercle égale la moitié du produit de la circonférence par le rayon.*

POIDS ET MESURES DU CANADA

Mesures anglaises

UNITÉS DE LONGUEUR

3 grains d'orge font	1 pouce	$5\frac{1}{2}$ verges ou $16\frac{1}{2}$ pds	1 perche.
12 pouces	1 pied	1 chaînon	0,667 pied.
3 pieds	1 verge	1 acre vaut 1,1787	arpent

40 verg. ou 220 tois. font	1 stade	5280 pieds		1 mille
8 stades	1 mille	60 milles geographiques		1 degré
1760 verges	1 "	1 arpent	191,835 pieds anglais	

MESURES NAUTIQUES

6	pieds	font	1	brasse
120	brasses	font	1	encâblure
1	mille nautique	vaut	6 082,66	pieds.
3	" "	font	1	lieue.
20	lieues		1	degré.

360 degrés font la circonférence de la Terre.

PENDULE

6 points font 1 ligne
12 lignes font 1 pouce

UNITÉS DE SUPERFICIE

64	lignes carrées	font	1 pouce carré.
144	pouces carrés		1 pied carré.
9	pieds carrés		1 verge carrée.
4 840	verges carrées		1 acre
784	arpents carrés		1 mille carré.
640	acres		1 mille carré.

UNITES DE VOLUME

1728	pouces cubes	font	1 pied cube.
27	pieds cubes		1 verge cube.
50	pieds de bois rond		1 tonneau.
40	pieds de bois carré		1 tonneau.
128	pieds cubes		1 corde de bois.

NOTA.—Un pied cube égale 2 200 pouces cylindriques, ou 3 300 pouces sphériques, ou 6 600 pouces coniques.

MESURE DU DRAP

2¼	pouces	font	1 *nail.*	5	quarts	font 1 aune.
4	*nails*		1 quart.	5	verges	4 aunes.
4	quarts		1 verge.			

MESURES DES LIQUIDES

14,4375	pouc. cubes font	1 septier.	42	gallons	font	1 tierçon.
2	septiers	1 chopine	63	"		1 barrique
2	chopines	1 pinte.	84	"		1 tonne.
2	pintes	1 pot.	126	"		1 pipe.
2	pots	1 gallon	252	"		1 tonneau.

UNITES DE CAPACITE

Le *minot* du Canada doit avoir 18½ pouces anglais de diamètre, sur 8,701 de profondeur; il doit contenir 2 338,917 pouces cubes anglais.

1 voie (chaldron) de houille vaut 36 minots.
36 minots valent 46,64 pieds cubes.

1 pied cube de houille ou charbon pèse				50 à 55 livres
1	"	"	Bituminense	42 à 55
1	"	"	Cumberland	53
1	"	"	Galles	79,5 à 85,6
1	"	"	New-Castle	78 à 80
1	"	"	Derbishire	79 à 82
1	"	"	Pictou	49,25

MESURES COMPARATIVES

3	milles anglais font	1 lieue.	$1\frac{1}{2}$	mille font	1	mille italien.
2¾	"	1 lieue française.	⅔	"	1	verste russe
3⅜	"	1 " espagnole.	$1\frac{3}{32}$	"	1	" écossais
4	"	1 mille allemand	$1\frac{3}{11}$	"	1	" irlandais.
3¼	"	1 " hollandais				

Nota. En Espagne, en Allemagne, en Hollande, en Italie, en Russie, on emploie maintenant le mille métrique, ou le *kilomètre*, qui vaut 1 094 verges.

231	pouces	cubes	font	1 gallon américain, winchester
282	"	"		1 gallon mesure de bière.
2 150,42	"	"		1 minot américain.
277,274	"	"		1 gallon impérial.
2 218,392	"	"		1 boisseau impérial.

1 boisseau impérial vaut 8 gallons impériaux.
28 minots de charbon valent environ 1 tonneau.

UNITES DE POIDS

Poids livre troy de l'or				*Diamants*		
24	grains	font	1 gros.	16 parties	font	1 grain ou 0,8 grain, troy.
20	gros		1 once.	4 grains	font	1 carat.
12	onces		1 livre.			

POIDS

La livre avoir-du-poids est l'étalon des poids.

$27\frac{11}{32}$	grains troy	font	1 dragme.	28	livres	font	1 quart.
16	dragmes		1 once.	4	quarts		1 quintal.
16	onces		1 livre.	20	quintaux		1 tonne.

112	livres	font	1 quintal anglais.
2 240	"		1 tonne anglaise
100	"		1 quintal du Canada.
2 000	"		1 tonne "

La livre avoir-du-poids	=	1,215 27	livre troy.
L'once " "	=	0,911 5	once troy.
La livre troy	=	0,823	livre avoir-du-poids.
L'once "	=	1,095	once " "

MESURES PARTICULIÈRES

12	objets	font 1	douzaine.
12	douzaines	1	grosse.
24	feuill. de papier	1	main.
20	mains	1	rame.
10	rames	1	balle.
12	minots font 1 pipe de chaux.		
1	botte de foin pèse 15 lbs, et 16 avec le lien.		
1	botte de paille, 12 lbs, et 13 lbs avec le lien.		
1	quart de lard pèse 200 lbs.		
1	baril de farine pèse 196 livres		

Temps

60	secondes	font 1	minute.
60	minutes	1	heure.
24	heures	1	jour.
7	jours	1	semaine.
52	semaines	1	année.

30	ou 31 jours	1 mois.
12	mois	1 année.
365	jours	1 année.
100	ans	1 siècle.

L'année bisextile contient 366 jours.

Papier à dessin

Antique	52 pouces	sur	31
Uncle Sam.	48	sur	120
Double éléphant	40	sur	26
Empereur	40	sur	60
Atlas	32	sur	26
Eléphant	27¾	sur	23¼
Impérial	29	sur	21¼
Super royal	27	sur	19
Royal	24	sur	19
Medium	22	sur	18
Demy	19	sur	15½

Système métrique universel

Jusqu'à la fin du dix-huitième siècle, chaque peuple avait son système particulier de mesures ou d'unités; et le choix étant arbitraire, il y avait, sous le même nom, des unités de grandeurs différentes ; c'est ainsi qu'on a pu relever plus de quarante variétés de l'unité connue sous le nom de *pied*. On comprend sans peine les inconvénients de cet état de choses dans les relations internationales, les commandes et les livraisons se faisant sous des unités de même nom, mais de grandeur inégale.

Pour arriver à l'uniformité, les savants des diverses nations se sont concertés, en 1790 et les années suivantes; ils sont convenus de constituer un système de mesures indépendant de tout choix arbitraire, et ils ont pris comme base du nouveau système la longueur du *méridien terrestre*, ligne commune à tous les points du Globe, et par conséquent à tous les peuples.

---

* Dans le présent ouvrage, les degrés de température sont ceux du thermomètre de Fahrenheit : le point de congélation de l'eau est à 32 degrés, et le point d'ébullition de l'eau est à 212 degrés.

On a donc mesuré avec un très grand soin le *quart du méridien*, ou le chemin qu'il y a sur le Globe depuis le Pôle jusqu'à l'Equateur; on a trouvé, pour cette longueur, 5 millions 130 mille 740 *toises* anciennes de France, et c'est la *dix-millionième* partie de cette longueur que l'on a prise comme unité fondamentale, sous le nom de *mètre*.

Le mètre diffère peu du *yard* ou de la *verge* : il vaut 1 verge et un dixième, soit environ 40 pouces anglais ; le mètre pourrait donc prendre en Canada le nom de *verge métrique*.

Voici quelles sont les unités principales du système métrique, pour les diverses espèces de grandeurs:

Longueurs,	le *mètre*, 10 000 000e du ¼ du méridien ;
Surfaces,	le *mètre carré*, carré d'un mètre de côté;
Volumes,	le *stère* ou *mètre cube;*
Capacités,	le *tonneau*, contenance d'un mètre cube;
Poids,	la *tonne*, poids d'un mètre cube d'eau.

Comme on a besoin, dans chaque espèce de grandeur, d'unités plus grandes ou plus petites, on prend, comme unités dérivées, des valeurs 10 fois, 100 fois, 1000 fois plus grandes ou plus petites que les unités principales; nous en donnons le tableau ci-après.

En acceptant le système métrique, on ne subit l'influence d'aucune nationalité particulière; et cela explique l'empressement des divers peuples à en introduire l'usage obligatoire, savoir : les Pays-Bas (Hollande et Belgique) en 1821, la France en 1840; le Piémont en 1846, l'Etat pontifical en 1848, et le reste de l'Italie en 1863; le Chili en 1848, la Colombie en 1853, l'Equateur en 1856, le Vénézuéla et Costa-Rica en 1857 ; l'Espagne et ses colonies en 1859, le Mexique en 1862, le Portugal et la république Argentine en 1863 ; la Roumanie en 1866, la Turquie et la Russie en 1870, l'Allemagne et le Brésil en 1872, la Norvège et l'Autriche-Hongrie en 1876, la Suisse en 1877, etc., etc.

En Angleterre, un bill du 29 juillet 1864 autorise l'emploi du système métrique dans tout le Royaume-Uni, et chaque année le Parlement est saisi de propositions tendant à le rendre obligatoire. Il est employé par les savants de tous les pays, dans leurs travaux et leurs communications.

Voilà donc un grand fait qui se produit dans le monde : c'est, en moins d'un siècle, une conquête pacifique qui a déjà enrôlé 400 millions d'individus, soit le quart de toute la population du Globe. Comme c'est la France qui, en 1790, a pris l'initiative de ce mouvement, le système métrique est souvent désigné sous le nom de système français. On peut regretter que l'acte de 1878 n'ait pas consacré pour le Canada l'usage du système métrique.

TABLE

indiquant la valeur des unités métriques en unités anglaises

UNITÉS DE LONGUEUR

Françaises	*Anglaises*	
Millimètre, équivalant à	0.039 37	pouce
Centimètre "	0.393 71	"

Françaises			*Anglaises*
Décimètre équivalant à	3.937	10	pouces
Mètre, unité pricipale, valant	39.371	00	"
Décamètre, équivalant à	32.809	17	pieds
Hectomètre "	328.091	67	"
Kilomètre "	1 093.638	9	verges
Myriamètre "	10 936.389	0	"

UNITES DE SUPERFICIE

Françaises			*Anglaises*
Milliare, équivalant à	0.119	6	verge carrée
Centiare (mètre carré), valant	1.196	04	"
Déciare "	11.960	46	verges carrées
Are (décamètre carré) "	119.604	6	"
Décare "	1 196.046	0	"
Hectare(hectomètre carré)"	11 960.460	4	"

UNITES DE VOLUME

Françaises			*Anglaises*
Millistère valant	0.035	317	pied cube
Centistère "	0.353	17	"
Décistère "	3.531	71	pieds cubes
Stère (mètre cube) "	35.317	1	"
Décastère "	353.171	4	"

UNITES DE CAPACITE

Françaises			*Anglaises*
Millilitre (centimètre cube), valant	0.061	03	pouce cube
Centilitre "	0.610	28	"
Décilitre "	6.102	80	"
Litre (décimètre cube) "	61.028	02	"
Décalitre "	610.280	28	"
Hectolitre "	3.531	71	pieds cubes
Kilolitre ou tonneau (m. cube)"	35.317	15	"
Myrialitre "	353.171	46	"

UNITES DE POIDS

Françaises			*Anglaises*
Milligramme valant	0.015	4	grain
Centigramme "	0.154	4	"
Décigramme "	1.544	4	"
Gramme (poids d'un centim. cube d'eau)	15.444	0	grains
Décagramme valant	154.440	2	"
ou avoir-du poids	5.64		dragmes

Françaises		*Anglaises*
Hectogramme	valant	3.215 4 onces troy
	ou avoir-du-poids	3.527 onces
KILLOGRAMME	valant 2 lbs 8 onces 3 gros 2 grains troy	
	ou avoir-du-poids 2 lbs 3 onces 44.28 dragmes	
Myriagramme	valant	26.795 livres troy
	ou avoir-du-poids	22.048 5 livres
Quintal métrique	valant, avoir-du-poids 220.485 livres	
TONNE métrique,	valant, avoir-du-poids 2204.85 livres	

Signification des préfixes

employés dans le système métrique

Milli	signifie	la 1000e partie
Centi	"	la 100e partie
Déci	"	la 10e partie

Déca	signifie	10 fois
Hecto	"	100 fois
Kilo	"	1 000 fois
Myria	"	10 000 fois

FRACTIONS DECIMALES

Dans les nombreux calculs relatifs aux machines à vapeur, les décimales sont d'une nécessité absolue : la connaissance de leur enploi et de leur relation avec les fractions ordinaires est indispensable.

Dans la notation des nombres ordinaires, la valeur relative de chaque chiffre dépend de sa position par rapport à l'unité ; la valeur d'un chiffre dans une position quelconque, est un dixième de la valeur qu'il aurait s'il était placé à la gauche de la place qu'il occupe. Ainsi 1111 se lit : un mille un cent une dizaine une unité, ou 1000 + 100 + 10 + 1.

En examinant ces nombres, on voit que la valeur du deuxième chiffre est dix fois plus grande que celle du premier, en allant de droite à gauche ; que la valeur du troisième égale dix fois celle du second, et que la valeur du quatrième égale dix fois celle du troisième.

En allant de gauche à droite, la valeur du second chiffre est un dixième de celle du premier, la valeur du troisième un dixième de celle du second, et la valeur du quatrième un dixième de celle du troisième.

Une fraction décimale a toujours pour dénominateur l'unité suivie d'un ou plusieurs zéros. Pour simplifier on n'écrit que le numérateur.

NUMÉRATION DECIMALE

Les décimales sont séparées des nombres entiers par un point ou une virgule. Exemple : dans 24,375; c'est 24 qui est le nombre

entier, et 375 la fraction décimale. S'il n'y a pas de partie entière, on met souvent un zéro au rang des unités.

Le nombre 24,375 peut se lire comme suit: $24 + \frac{3}{10} + \frac{7}{100} + \frac{5}{1000}$, ou $24 + \frac{375}{1000}$; .375 ou 0,375 est égal à $\frac{375}{1000}$.

Autres exemples : $7,3 = 7\frac{3}{10}$; $145,24 = 145\frac{24}{100}$; $38,784 = 38\frac{784}{1000}$; $3.02 = 3\frac{2}{100}$; $.0435 = \frac{435}{10000}$.

On doit remarquer avec soin que si l'on écrit des zéros à la droite des décimales, on n'en change aucunement la valeur, parce que la position des chiffres relativement à l'unité n'est pas changée. Ainsi les expressions .2, .20, .200, .2000, ont toutes la même valeur.

Au contraire les zéros placés à gauche des décimales diminuent la valeur de la *fraction*, et la rendent dix fois moindre par chaque zéro ainsi posé entre les décimales et la partie entière ; cela équivaut à une division par 10, par 100, par 1000 ; les expressions .2 .02 .002 .0002 valent respectivement $\frac{2}{10}$, $\frac{2}{100}$, $\frac{2}{1000}$, $\frac{2}{10000}$.

Par l'emploi des décimales, on évite les opérations ennuyeuses de la réduction des fractions ordinaires à un dénominateur commun ; cependant on ne peut totalement s'en dispenser ; la réduction des fractions ordinaires en décimales est elle-même une réduction des fractions à commun dénominateur ; mais le commun dénominateur est toujours, dans ce cas, 10 ou une puissance de 10.

Reduction des fractions ordinaires en fractions décimales

Règle.—Ajoutez un zéro au numérateur de la fraction, et divisez par le dénominateur ; s'il y a un reste, ajoutez un zéro à ce reste et divisez encore par le dénominateur ; continuez l'opération en ajoutant des zéros aux restes, jusqu'à ce que la division finisse par zéro, ou jusqu'à ce que l'on considère le nombre de décimales obtenues comme suffisamment grand, pour la précision du calcul à faire.

EXEMPLES

Ex. 1.—Réduisez $\frac{1}{5}$ en fraction décimale.

5)10
—
2

Divisez 10 par 5, le quotient est 2, et la valeur cherchée est $\frac{2}{10}$ ou $\frac{1}{5}$

Ex. 2.—Réduisez $\frac{3}{8}$ en fraction décimale.

8)3000
———
375

$\frac{3}{8}$ = ,375. La preuve est facile : $\frac{3}{8}$ vaut $\frac{3000}{8000}$; en divisant le numérateur et le dénominateur par 8, nous avons $\frac{375}{1000}$ ou ,375.

Le quotient ainsi trouvé est le numérateur de la fraction décimale.

Ex. 3.—Réduisez $\frac{1}{2}$ en fraction décimale.

2)10
—
5

Divisez 10 par 2, le quotient est 5, et la valeur cherchée est .5, ou $\frac{5}{10}$

Ex. 4.—Réduisez $\frac{4}{9}$ en fraction décimale.

9)40000
— —
4444

Il est évident, par le reste, que le nombre 4 se répétera sans fin ; on dit alors que la fraction est *périodique*. Quatre chiffres sont considérés comme suffisants pour les calculs ordinaires.

Ex. 5.—Réduisez $\frac{3}{144}$ en fraction décimale.

```
144)30000(0 .020 833 3
    288
    ----
     1200
     1152
     ----
       480
       432
       ---
       480
       432
       ---
       000
```

Lorsqu'on ajoute un zéro au numérateur, le dividende ne contient pas une fois le diviseur ; alors on met un zéro au quotient à la place du premier chiffre décimal ; en ajoutant un second zéro on obtient 2 au quotient ; lorsqu'on ajoute un zéro au reste, ce nouveau dividende ne contient pas une fois le diviseur ; alors on met zéro au quotient à la place du troisième chiffre décimal ; ce nouveau dividende, suivi d'un zéro, donne 8 au quotient ; alors la fraction devient périodique, par la répétition du chiffre 3.

Ex. 6.—Réduisez $\frac{1}{1728}$ en fraction décimale.

```
1728)1000000(0.000 578 70
     8640
     -----
     13600
     12896
     -----
      15040
      13824
      -----
       12160
       12096
       -----
         640
```

Après avoir écrit les premiers chiffres du numérateur de la fraction décimale, si l'on voit que la division sera longue, il suffit de prendre les quatre premiers chiffres ; mais on doit compenser pour ceux que l'on supprime. Quand le premier chiffre que l'on supprime est plus grand que 4, on augmente d'une unité son voisin de gauche. Dans ce cas, l'erreur en plus est moindre que l'erreur que l'on aurait en moins si l'on écrivait sans changement le dernier chiffre conservé.

Ex.7.—Un mille nautique est de 6080 pieds. Quelle est la fraction décimale de 700 pieds qui représente cette valeur?

```
.6080)7000(0.11513
      6080
      ----
       9200
       6080
       -----
       31200
       30400
       -----
         8000
         6080
         -----
         19200
         18240
         -----
          1060
```

Ex. 8.—Réduisez $\frac{3}{4}$ en fraction décimale.

```
4)300
  ---
  .75
```

Ex.9.—Réduisez $8\frac{3}{4}$ pouces en fraction décimale du pied.

8 pouces $\frac{3}{4}$ valent 8.75 ; le pouce étant $\frac{1}{12}$ de pied, 8.75 pouces valent $8.75 \div 12$

```
12)8.75
   ------
   .72958
```

Ainsi 8 pouces $\frac{3}{4}$ représentent 729 millièmes et 58 cent-millièmes de pied.

Ex. 10.—Reduisez $\frac{1}{16}$ en fraction décimale.

```
16)100(0.0625
   96
   —
    40
    32
    —
     80
     80
     —
```

Ex. 11.—Réduisez $\frac{7}{8}$ en fraction décimale.

```
8)700(0,875
  64
  ——
   60
   56
   ——
    40
    40
```

Ex. 12.—Réduisez 6 onces en fraction décimale de livre.

```
16)60(0,375
   48
   ——
   120
   112
   ———
     80
     80
```

Ex. 13. —Réduisez 3 pouces en fraction décimale de pied.

```
12)30(0,25
   24
   ——
    60
    60
```

Ainsi 3 pouces valent 25 centièmes de pied.

EXERCICES

Réduisez les fractions suivantes en fractions décimales

8 onces en livre.
$\frac{4}{9}$ de verge.
7 pouces en pied.
$\frac{3}{5}$ de piastre.
$\frac{11}{16}$ de pouce.
$\frac{4}{9}$ de mille.
$\frac{3}{8}$ d'un quintal.
$\frac{1}{14}$ de tonneau.
$\frac{5}{16}$ de livre.
$\frac{3}{8}$ d'heure.
$\frac{5}{6}$ d'année.

Reduction des decimales en fractions ordinaires

Règle.—Multipliez les décimales par le nombre de parties que doit avoir l'*unité*.

La multiplication faite, séparez à droite autant de chiffres qu'il y a de décimales ; ce qui reste à gauche du point de division, est le nombre de parties cherché.

Les fractions de pouce sont des huitièmes ou des seizièmes ; le pied se divise en 12, la verge en 36, la livre en 16, le degré en 60, etc.

Ex. 1.—Réduisez 0,75 de pied en pouces.

```
  75
  12
————
9,00
```

$\frac{9}{12}$ ou 9 pouces.

Ex.2.—Réduisez 0,7 de minute en secondes.

```
 0,7
  60
————
42,0
```

ou 42 secondes.

Ex. 3.—Réduisez 0,625 de pouce en huitièmes.

```
  0,625
      8
  -----
  5,000
```

0,625 = $\frac{5}{8}$ de pouce.

Ex. 4.—Réduisez 0,375 de livre en onces.

```
  0,375
     16
  -----
   2250
   375
  -----
  6,000
```

$\frac{6}{16}$ ou 6 onces.

Ex. 5.—Réduisez en quarts et livres 0,625 de quintal.

```
  0,625
      4 quarts.
  -----
  2,500
     28 livres.
  -----
   4000
   1000
  -----
 14,000
```

2 quarts et 14 livres.

Ex. 6.—Réduisez 0,225 d'un tonneau en quintaux et quarts.

```
  0,225
     20 quintaux.
  -----
  4,500
      4 quarts.
  -----
   2000
```

4 quintaux et 2 quarts.

ADDITION DES DECIMALES

L'addition des fractions décimales se fait comme celle des nombres entiers. Placez les quantités de telle sorte que tous les points des décimales soient les uns au-dessous des autres, de manière à former une ligne verticale ; ainsi les quantités de même dénomination de superposeront.

Ex. 1.—Additionnez ensemble 47, 0.2, 38.7 et 12.9

```
  0.47
  0.2
 38.7
 12.9
 -----
 52.27
```

Ex. 2.—Additionnez ensemble 32.362, 4.5016, .0371 et .0024

```
 32.862
  4.5016
  0.0371
  0.0024
 -------
 37.4031
```

Ex. 3.—Additionnez .315, .0625 07, .12347 et .0025

```
  .315
  .0625
  .07
  .12347
  .0025
 -------
 0,57347
```

Ex. 4.—Additionnez 52.6, 3.508, .007, 324.13

```
  52.6
   3.508
   0.007
 324.13
 -------
 380.245
```

Ex. 5.—Additionnez 1, .2, .03, .004, .0005

1.
0.2
0.03
0.004
0.0005
1.2345

Ex. 6.—Additionnez, 27.35, 4.702, 0.376, 30.048.

27.35
4.702
0.376
30.048
62.476

SOUSTRACTION DES DÉCIMALES

Placez les quantités de manière que les points de décimales soient en ligne verticale ; ensuite opérez comme dans la soustraction des nombres entiers.

EXEMPLES

Ex. 1.—De 41.002 ôtez 21.879.

41.002
21.879
19.123

Ex. 2.—De 3.45 ôtez .00098.

3.45
0.00098
3.44902

Ex. 3.—De 12.10009 ôtez 7.21.

12.10009
7.21
4.89009

Ex. 4.—De 97.07 ôtez 4.769.

97.07
4.769
92.301

Ex. 5.—De 176.1 ôtez 0.007.

176.1
0.007
175.093

Ex. 6.—De 7.05 ôtez 4.776.

7.05
4.776
2.274

EXERCICES

De 7.97	ôtez 1.05	Rép. 6.92	De 3.1416	ôtez .5236	Rép. 2.6180
" 10.761	" 9.001	" 1.76	" 1.75	" 0.074	" 1.676
" 176.1	" 18.084	" 158.016	" 12.0009	" 7.121	" 4.8799
" 1	" 0.7854	" 0.2145	" 15.06	" 7.863	" 7.197

MULTIPLICATION DES DÉCIMALES

Multipliez comme avec des nombres entiers, et séparez à droite autant de chiffres qu'il y a de décimales au multiplicande et au multiplicateur. Mais s'il manque des chiffres au produit pour que vous puissiez en séparer autant qu'il en faut, ajoutez à la gauche du produit autant de zéros qu'il en faut pour compléter le nombre voulu.

EXEMPLES.

Ex. 1.—Multipliez 43.28 par 5.12

```
    43.28
     5.12
    -----
     8656
    4328
   21640
 --------
 221.5936
```

Dans 43.28 il y a deux décimales, et dans 5.12 il y a aussi deux décimales ; alors il faut en séparer quatre.

Ex. 2.—Multipl. 0.301 par .07

```
   .301
    .07
 ------
 .02107
```

Dans .301 il y a trois décimales, et dans ,07 il y en a deux ; le produit ne donnant que quatre chiffres, il faut ajouter un zéro sur la gauche.

Ex. 3.—Multipl. 36.4 par .06.

```
  36.4
   .06
 -----
 2.184
```

Dans 36.4 il y a une décimale, et dans .06 il y en a deux, il faut séparer trois chiffres.

Ex. 4.—Multipl. 4.63 par 4.63

```
    4.63
    4.63
    ----
    1389
   2778
  1852
 -------
 21.4369
```

Ex. 5.— Multipl. .0027 par .000014,

```
       .0027
     .000014
     -------
         108
         27
 -----------
 .0000000378
```

.0027 ayant quatre décimales et .000014 en ayant six, et le produit ne donnant que trois chiffres, il faut écrire sept zéros sur la gauche pour compléter le nombre voulu.

Ex. 6.—Multipliez 1.005 par .003 et par .0024.

```
        51.00
         .003
        -----
         3015
        .0024
        -----
        12060
        6030
 ------------
 .0000072360
```

Le produit total ne donnant que cinq chiffres, et les trois facteurs en possédant dix, il faut mettre cinq zéros à gauche pour exprimer la valeur réelle du produit.

Ex. 7.—Multipliez 365,25 par 0,7.

```
  365,25
     0,7
 -------
 255,675
```

DIVISION DES DÉCIMALES

RÈGLE.—Divisez comme avec des nombres entiers. La règle pour placer le point des décimales au quotient est comme suit : il faut que le quotient et le diviseur ensemble contiennent autant de décimales que le dividende.

Avant l'opération, si le diviseur contient plus de décimales que le dividende, ajoutez au dividende autant de zéros qu'il en faut pour rendre égaux les nombres de décimales. Ensuite procédez à la division ; et s'il n'y a pas assez de chiffres au quotient pour que vous puissiez séparer le nombre voulu, écrivez à la gauche du quotient autant de zéros qu'il en faut pour compléter le nombre.

EXEMPLES

Ex. 1.—Divisez 3.456 par 2.4.

2.4)3.456(1.44
2.4
—
105
96
—
96
96
—

Ex. 2.—Divisez 0,525 par 7.5.

7.5),525(0.07
525
—
000

ou 7.500).52500(0.07
52500
——

Ex.3.--Divisez 173.5425 par 3.75.

3.75)173.5425(46.27
1500
——
2354
2250
——
1042
750
——
2925
2625
——
300

173.5425 contient quatre décimales, et 3.75 en contient deux ; alors il faut séparer deux chiffres au quotient.

Ex. 4.—Divisez 17.68 par 3.4.

3.4)17.68(5.2
17.0
——
68
68
—

17.68 contient deux décimales, et 3.4 en contient une ; il faut séparer un chiffre au quotient.

Ex. 5.—Divisez 1.4 par 14.4.

14.4)1.40000(0,0912
1296
——
1040
1008
——
320
288
——
32

Le dividende étant plus petit que le diviseur, il faut écrire des zéros au dividende ; et pour avoir au moins quatre chiffres au quotient, il faut ajouter un zéro à chaque reste.

Ex. 6.—Divisez .3468 par 6.8.

6,8).3468(51
340
——
68
68

.3468 contient quatre décimales, et 6.8 en contient une ; le quotient n'a que deux chiffres, il faut en séparer trois ; alors le nombre 51 doit s'écrire .051.

Ex. 7.—Divisez 0,68 par 0,34.

```
.34).68(2
     68
     —
```

Le quotient 2 est un nombre entier, puisque le nombre des décimales est la même dans les deux termes de l'opération.

Ex 8.—Divisez .59176 par 10.4.

```
10.4).59176(569
      520
      ———
       717
       624
       ———
        936
        936
```

Il doit y avoir quatre chiffres au quotient ; ce quotient est donc .0569.

TABLEAU

Des fractions de pouces traduites en décimales

Parties de pouce		Décimales de pouce	Parties de pouce		Décimales de pouce
1/32	valeur	.031 25	1/2 et 1/32	valeur	.531 25
1/16	"	.062 5	1/2 & 1/16	"	.562 5
3/32	"	.093 75	1/2 & 3/32	"	.395 75
1/8	"	.125	5/8	"	.625
1/8 et 1/32	"	.156 25	5/8 & 1/32	"	.656 25
1/8 et 1/16	"	.187 5	5/8 & 1/16	"	.687 5
1/8 et 3/32	"	.218 75	5/8 & 3/32	"	.718 95
1/4	"	.25	3/4	"	.75
1/4 et 1/32	"	.281 25	3/4 & 1/32	"	.781 25
5/16	"	.312 5	3/4 & 1/16	"	.812 5
3/8	"	.375	3/4 & 3/32	"	.843 75
3/8 et 1/32	"	.406 25	7/8	"	.875
3/8 et 1/16	"	.437 5	7/8 & 1/32	"	.906 25
3/8 et 3/32	"	.468 75	7/8 & 1/16	"	.937 5
1/2	"	.5	7/8 & 3/32	"	.968 75

TABLEAU

Des pouces et des fractions de pouce traduits en décimales de pied

Pouces		Décimales de pied			
			3 pouces	valant	.125
			2	"	.166 6
11	valant	.916 6	1	"	.083 3
10	"	.833 3	7/8	"	.072 91
9	"	.75	3/4	"	.062 5
8	"	.666 6	5/8	"	.052 8
7	"	.583 3	1/2	"	.041 66
6	"	.5	3/8	"	.031 25
5	"	.416 6	1/4	"	.020 83
4	"	.333 3	1/8	"	.010 41

TABLEAU

Des onces en décimales de la livre, et des pouces en décimales de la verge.

Onces			Décimales de la livre	Pouces			Décimales de la verge
1	once	valeur	.062 5	1	pouce	valeur	.027 7
2	"	"	.125	2	"	"	.055 5
3	"	"	.187 5	3	"	"	.083 3
4	"	"	.25	4	"	"	.111 1
5	"	"	.312 5	5	"	"	.138 8
6	"	"	.375	6	"	"	.166 6
7	"	"	.437 5	7	"	"	.194 4
8	"	"	.5	8	"	"	.222 3
9	"	"	.562 5	9	"	"	.25
10	"	"	.625	10	"	"	.277 8
11	"	"	.687 5	11	"	"	.305 6
12	"	"	.75	12	"	"	.333 34
13	"	"	.812 5	$\frac{3}{8}$	"	"	.375
14	"	"	.875	$\frac{1}{2}$	"	"	.5
15	"	"	.937 5	$\frac{3}{4}$	"	"	.75
				$\frac{7}{8}$	"	"	.875

Ces tableaux sont d'une grande utilité, comme on peut le voir dans l'exemple suivant.

Supposons qu'une planche de cuivre soit de 30¼ pouces de longueur, 8⅝ de largeur, ⅜ + $\frac{1}{16}$ d'épaisseur. On demande le volume. $30.25 \times 8,625 = 260,9$; et $260,9 \times 0,4375 = 114,146$ pouces cubes.

RÈGLE DE TROIS

La *règle de trois* enseigne à trouver le quatrième terme d'une proportion dont on connait les trois autres termes.

Par exemple, si 5 tonneaux de charbon coûtent $30, combien coûteront 12 tonneaux ?

Dans la disposition des termes, les deux nombres connus de même espèce doivent toujours être les premiers termes de la proportion, et le nombre qui est seul counu de son espèce doit toujours être le troisième terme ; le quatrième terme, que l'on cherche, est de même nature que le terme qui est seul connu de son espèce.

Si, en vertu de la question, le terme cherché est plus grand que le terme connu, alors le plus petit des deux autres termes doit être le premier terme ; mais si le terme cherché est plus petit que le terme cennu, alors le plus grand des deux autres termes doit être le premier terme de la proportion.

Il est évident qu'en divisant par un petit nombre le quotient sera plus grand qu'en divisant par un nombre plus grand.

Le terme cherché égale le produit des deux termes moyens divisé par l'extrême connu, c'est-à-dire par le premier terme.

Dans l'exemple donné ci-dessus, il est évident que 12 tonneaux coûteront plus que 5 ; il faut donc que le plus petit des deux

termes soit le premier. Ainsi 5 : 30 : : 12 : x ; on appelle x le quatrième terme ; on trouve 5 : 30 : : 12 : 72 ; ce dernier nombre est la réponse.

Autre Exemple.—Si 30 pouces cubes de fonte pèsent 8 livres, combien pèseront 378 pouces cubes ?

30 : 378 : : 8 : 100⅘ livres

Si le premier et le second terme contiennent des unités de dénominations différentes, il faut les réduire à la même dénomination.

EXEMPLES

Ex. 1.—Si 40 tonneaux de fer coûtent 450 piastres, combien coûteront 130 tonneaux ?

40 : 130 : : 450 : x. . . . 1462.5
130
13500
450
40)58500.1

Rép. 1462.5 piastres.

Ex. 2.—Si 20 hommes gagnent $78.00 en une semaine, combien 5 hommes gagneront-ils dans le même temps ?

h h $
20 : 5 : : 78.00 : x
5
20) 390.00

Rép. $19.50

Ex. 3.—Si une chaudière évapore 3 pieds cubes d'eau en 2 heures, combien d'heures faudra-t-il pour évaporer 1728 pieds cubes ?

3 : 1728 : : 2 : x
2
3)3456

Rép. 1152 heures.

Ex. 4.—Si un bateau à vapeur a fait 234 nœuds en 14 heures, combien en fera-t-il en 24 heures ?

14 : 24 : : 234 : x
24
936
468
14)5616

Rép. 401,1428

Ex. 5.—Si une pompe retire 876 gallons d'eau en 8 heures, combien pourra-t-elle en retirer en 2½ heures ?

8 : 2,5 : : 876 : x
25
4380
1752
8)2190,0
272,75

Ex. 6—Si un homme a perdu $241 en 37 jours, combien a-t-il perdu en une semaine, ou 7 jours ?

37 : 7 : : 241 : x. . . . 45,59
7
37)1687(45,59
148
207
185
220
185
350
333
17

Ex. 7.—Si 13 pieds de fer pèsent 988 livres, combien pèsera ½ pied.

13 : .5 : : 988 : x

5

13)494,0

Rep. 38 livres.

Ex. 8.--Si 5 pieds cubes d'eau pèsent 312,5 livres, combien pèseront 72 pieds cubes ?

5 : 72 : : 312,5 : x

72

6240

21875

5) 22499,0

Rép. 4499,8

Ex. 9.—Une horloge a perdu 42 secondes en 7 mois, combien a-t-elle perdu en 18 mois ?

7 : 18 : 42 : x

$$\frac{42 \times 18}{7} = 108$$

Nota.—On peut aussi résoudre ces questions sur les rapports en remarquant que l'on a toujours, dans chaque problème, deux faits analogues, et dans chaque fait, on peut distinguer une cause et un effet ; il est évident que les effets sont entre eux comme les causes, et les causes entre elles comme les effets : cette simple remarque facilite beaucoup la pose de la proportion. . . .

DU CARRE ET DE LA RACINE CARREE

On appelle première puissance d'un nombre le nombre lui-même.

On appelle en général *puissance* d'un nombre le produit de ce nombre multiplié par lui-même un certain nombre de fois.

Le produit d'un nombre multiplié une fois par lui-même s'appelle *carré* ou seconde puissance de ce nombre. Ainsi $3 \times 3 = 9$; 9 est le carré ou la seconde de puissance de 3, et 3 est la *racine carrée* de 9.

Le produit d'un nombre multiplié deux fois par lui-même s'appelle *cube* ou troisième puissance de ce nombre ; ainsi $4 \times 4 \times 4 = 64$; 64 est le cube de 4, et 4 est la *racine cubique* de 64. Ainsi de suite, pour la quatrième, la cinquième puissance, etc.

Le *degré* de la puissance est indiqué par un petit chiffre placé à la droite des nombres ; on l'appelle *exposant*.

Ainsi, 5 étant racine ou 1re puissance, 5^2 ou 5×5 ou 25, est le carré ou 2e puissance ; 5^3 ou $5 \times 5 \times 5$ ou 125, est le cube ou la 3e puissance, etc.

(Pour trouver les carrés ou les cubes des nombres, voyez le tableau des carrés, des cubes et des racines.)

L'élévation d'un nombre à une puissance quelconque est chose assez facile, mais trouver la racine d'un nombre donné est un problème assez difficile à résoudre. Il s'agit de trouver le nombre qui multiplié par lui-même produira le nombre donné comme puissance.

Ainsi la racine carrée de 64 est 8, parce que $8 \times 8 = 64$; et la racine cubique de 64 est 4, parce que $4 \times 4 \times 4 = 64$; etc.

Le signe *racine* $\sqrt{}$ placé devant un nombre, indique que l'on demande la racine carrée de ce nombre ; le même signe avec un *exposant* ou *indice* fait connaître quelle est la racine à extraire : $\sqrt[3]{}$ indique une racine 3e ou cubique, etc.

Règle.—Pour extraire la racine carrée d'un nombre entier, on partage ce nombre en tranches de deux chiffres, en allant de droite à gauche ; le nombre de tranches est exactement celui des chiffres de la racine.

On prend ensuite le plus grand carré contenu dans la première tranche à gauche ; on l'écrit sous cette tranche, et on le soustrait ; on écrit la racine ainsi trouvée à la droite du nombre proposé, après avoir tracé un trait vertical (de la même manière qu'un quotient dans une division).

A la droite du reste, on abaisse la tranche suivante pour former un dividende ; on prend comme diviseur le double de la racine trouvée, que l'on place à gauche du dividende, et on cherche combien le dividende (moins un chiffre à droite) contient de fois le diviseur ; on placce ce nouveau chiffre au quotient, et aussi à la droite du diviseur, alors on multiplie le diviseur ainsi augmenté, par le chiffre trouvé comme quotient ; on place le produit sous le dividende ; on fait la soustraction ; et on abaisse la tranche suivante pour former un nouveau dividende, on prend comme diviseur le double la racine trouvée, et ainsi de suite, jusqu'à ce que toutes les tranches soient abaissées.

EXEMPLES

Ex. 1.—Trouvez la racine carrée de 225.

```
 1 | 225(15
 1 | 1
     ----
25 | 125
   | 125
     ----
```

Ex. 2.—Trouvez la racine carrée de 42 025.

```
  2 | 42025(205
  2 | 4
      -----
405 | 2025
    | 2025
      ----
         0
```

Ex. 3.—Trouvez la racine carrée de 36.

```
6)36(6
  36
  --
```

Ex. 4 —Trouvez la racine carrée de 81.

```
9)81(9
  81
```

Ex. 5.—Trouvez la racine carrée de 470 596.

```
   6 | 47'35'96(686
   6 | 36
     ----------
 128 | 1105
   8 | 1024
     ----------
1376 | 8196
     | 8196
       ----
       0000
```

Ex. 6.—Trouvez la racine carrée de 188 356.

```
  4 | 18'83'56(434
  4 | 16
    ---------
 83 | 283
  3 | 249
    ---------
864 | 3456
    | 3456
      ----
      0000
```

Ex. 7.—Trouvez la racine carrée de 29506624.

```
    5 | 29'50'66'24(5432
    5 | 25
  -----
  104 | 450
    4 | 416
  -----
 1083 | 3466
    3 | 3249
  -----
10862 | 21724
      | 21724
  -----
        00000
```

Ex. 8.—Trouvez la racine carrée de 31640625.

```
    5 | 31'64'06'25(5625
    5 | 25
  -----
  106 | 664
    6 | 636
  -----
 1122 | 2806
    2 | 2244
  -----
11245 | 56225
      | 56225
```

Ex. 9.—Trouvez la racine carrée de 100406552374249.

```
1 | 1'00'40'65'52'37'42'49(10020307
1 | 1
  -----
    2002 | 004065
       2 |   4004
  -----
  200403 | 615237
       3 | 601209
  -----
20040607 | 140284249
         | 140284249
```

Ex. 10.—Trouvez la racine carrée de 2'09'38'09.

```
   1 | 2'09'38.09(144,7
   1 | 1
  -----
  24 | 109
   4 |  96
  -----
 284 | 1338
   4 | 1136
  -----
2887 | 20209
     | 20209
```

Les puissances sont divisées par tranches de deux chiffres de droite à gauche pour les nombres entiers ; mais quand il y a des décimales à la puissance, les tranches de deux chiffres se font de gauche à droite du point de décimales, et si à la dernière tranche il n'y a qu'un chiffre, on ajoute un zéro pour compléter la tranche.

Si, après toutes les tranches abaissées d'un nombre entier, il y a un reste, on ajoute deux zéros à ce reste, et le quotient de ce nouveau dividende est décimal.

Quand il y a des décimales à la puissance, on sépare à la racine autant de décimales qu'il y a de tranches de décimales à la puissance.

EXERCICES

Trouvez les racines carrées de 7854, de 3,1416, de .5236, de .7071, de 3,545, de 12,6636, de 32, de 13524,8, de 95,4, de 96, de 192 765,38.

TOISÉ

Des surfaces et des solides

Section I

Toisé.—On entend par *toisé* une branche des mathématiques par laquelle on évalue : 1° les aires ou l'étendue des surfaces ; 2° la capacité des corps creux et le volume des solides.

La *surface* ou *superficie* d'une figure est l'espace en longueur et largeur contenu dans cette figure, sans aucun égard à l'épaisseur.

On appelle *aire* d'une figure le nombre qui exprime combien il y a d'unités de surface dans cette figure.

Pour évaluer les surfaces on les compare à un carré ayant pour côté l'une des unités de longueur : ce carré unité se nomme, selon la longueur du côté, *pouce carré, pied carré, verge carrée, mètre carré, kilomètre carré, mille carré, lieue carre, grade carré, degré carré.*

Afin de déterminer correctement l'étendue des surfaces et des solides, on emploie plusieurs formules très utiles dans la pratique. Ces formules sont appliquées aux différents problèmes ci-après mentionnés. A l'aide de ces problèmes, l'artisan pourra faire avec facilité les calculs dont il a besoin dans la pratique de chaque jour.

DEFINITIONS

Les définitions suivantes, semblables en substance à celles que donne Euclide, sont ici insérées pour références.

1—Le *point géométrique* n'occupe pas d'espace ; on le représente par un point physique.

2—Une *ligne* est un trait allant d'un point à un autre; c'est une longueur sans largeur ni épaisseur.

3—Deux *lignes parallèles*, sont deux lignes tracées sur un même plan, de manière que, prolongées à l'infini, elles ne pourraient jamais se rencontrer.

4—Un angle est formé par deux lignes partant d'un même point, et allant dans des directions différentes.

5—Un *polygone* est une figure limitée par plusieurs lignes *droites*, qui en sont les côtés. Un *quadrilatère* est un polygone de quatre *côtés.*

6—Un *parallelogramme* est un quadrilatère dont les côtés sont parallèles deux à deux. Les côtés opposés sont égaux.

7—Un *rectangle* est un parallélogramme dont tous les angles sont droits.

8—Un *carré* est un parellélogramme dont tous les côtés sont égaux et tous les angles droits.

9—Un *losange* est un parallélogramme dont tous les côtés sont égaux.

10—Un *trapèse* est un quadrilatère dont deux côtés sont parallèles. Les deux autres côtés sont de longueurs et de positions quelconques.

11—Un *trapèze isocèle* ou *symétrique* est un trapèze dont les côtés non parallèles sont égaux.

12—Un *pylogone* est *régulier* lorsqu'il a tous ses côtés égaux et tous ses angles égaux. Le *carré* est un quadrilatère régulier.

13—Les polygones prennent différents noms selon le nombre de leurs côtés ; ainsi :

Un pentagone	a	cinq	côtés,
Un hexagone	"	six	"
Un heptagone	"	sept	"
Un octogone	"	huit	"
Un ennéagone	"	neuf	"
Un décagone	"	dix	"

14—Un polygone qui n'a que trois côtés est appelé *triangle.*

15—Un *triangle équilatéral* est celui dont tous les côtés sont égaux.

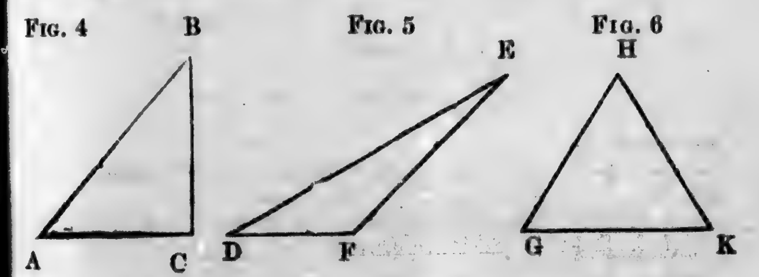
Un triangle *isocèle* est celui dont deux côtés seulement sont égaux.

Un *triangle* est *scalène* lorsque tous ses côtés sont inégaux.

Fig. 1 Fig. 2 Fig. 3

Triangle *équilatéral* Triangle *isocèle* Triangle *scalène*

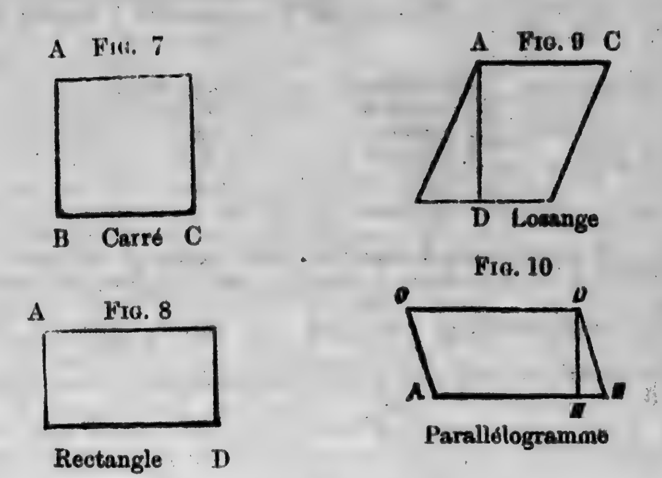
16—Les triangles sont désignés diversement lorsqu'ils sont considérés par rapport aux angles. Un triangle est appelé *rectangle* lorsqu'il a un angle droit, tel est ABC ; *obtusangle* lorsqu'il a un angle obtus, tel est DEF ; acutangle lorsque tous ses angles sont aigus, tel est GHK.



Les trois angles d'un triangle quelconque valent ensemble 180 degrés.

17—Au point de vue du dessin, on distingue les angles rectilignes, les angles curvilignes, et les angles mixtilignes.

DES QUADRILATÈRES



PROBLÈME I

Pour trouver l'aire d'un parallelogramme, d'un carré, d'un losange, d'un rectangle.

Règle.—Multipliez la longueur par la largeur ou par la hauteur perpendiculaire ; le produit sera l'aire.

Ex. 1.—Quelle est l'aire d'un parallélogramme ABDC dont la longueur AB est 12 pieds 3 pouces, et la largeur DE 8 pieds 6 pouces.

$$\begin{array}{r} 12{,}25 \\ 8{,}5 \\ \hline 6125 \\ 9800 \\ \hline 104{,}125 \end{array}$$

A Fig. 11 B

D C

L'aire d'un carré s'obtient en multipliant le côté par lui-même.

Par exemple, si le côté du carré ABCD est de 5 pieds, l'aire égale 5 × 5 ou 25 pieds carrés.

DES TRIANGLES

Problème II

Pour trouver l'aire d'un triangle.

Règle.—Multipliez la longueur d'un côté par la perpendiculaire menée du sommet opposé sur ce côté ; la moitié du produit sera l'aire.

Ou bien, multipliez la moitié d'un côté par la perpendiculaire ou hauteur correspondante.

C

A D B

Ex. 1—Quelle est l'aire d'un triangle dont la base AB a 18 pieds 4 pouces, et la hauteur CD 11 pieds 10 pouces ?

(18 pi 4 po × 11 pi 10 po) ÷ 2 = 108 pieds carrés 5¾ pouces carrés.

Ex. 2 Quelle est l'aire d'un triangle rectangle dont la base a 19 perches et la hauteur 15 perches ?

19 × 15 ÷ 2 = 142.5.



Autre procédé

Règle.—1° Additionnez les longueurs des trois côtés, et prenez la moitié de la somme ;

2° De cette moitié, soustrayez chaque côté séparément :

3° Multipliez la demi-somme des côtés successivement par les trois restes, et extrayez la racine carrée de ce produit ; cette racine sera l'aire du triangle.

Exemple.—Si les côtés d'un triangle ont respectivement 134, 108 et 80 perches, quelle est l'aire de ce triangle ?

	161	161	161
	134	108	80
134	——	——	——
108	27	53	81
80	1er reste	2e reste	3e reste
——			

322 ÷ 2 = 161 demi-somme.

Ensuite pour obtenir le produit, nous avons 161 × 27 × 53 × 81 = 18,661 671, duquel nous prenons la racine carrée, ce qui donne pour l'aire 4 319 perches carrées.

PROBLEME Fig. 13

c

a b

Pour trouver l'*hypoténuse* ou grand côté d'un triangle rectangle quand les deux autres côtés sont connus.

1. Elevez au carré chaque côté séparément ;
2. Additionnez ensemble ces carrés ;
3. Prenez la racine carrée de la somme ; ce sera l'hypoténuse

Exemple —Le mur BC d'une maison située sur le bord d'une rivière a 120 pieds de hauteur, et la largeur AB de la rivière a 210 pieds ; quelle sera la longueur de la ligne AC, allant du haut du mur au côté opposé de la rivière ?

$$120^2 + 210^2 = 58\,500$$

$$\sqrt{58500} = 241{,}87 \text{ pieds}$$

PROBLÈME

Pour trouver la longueur du 3e côté d'un triangle rectangle, quand on connait la longueur de l'hypoténuse et celle d'un second côté.

Règle.—Soustrayez le carré de la longueur du côté connu, du carré de l'hypoténuse ; la racine carrée de la différence sera la réponse.

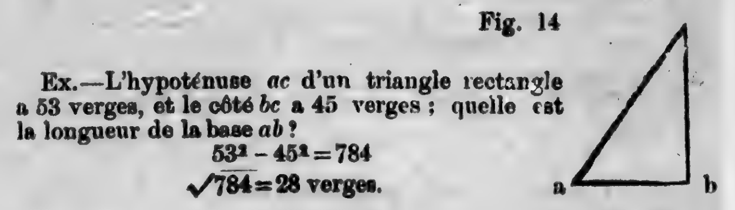


Fig. 14

Ex.—L'hypoténuse *ac* d'un triangle rectangle a 53 verges, et le côté *bc* a 45 verges ; quelle est la longueur de la base *ab* ?

$$53^2 - 45^2 = 784$$

$$\sqrt{784} = 28 \text{ verges.}$$

PROBLÈME III

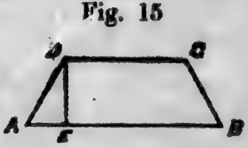


Fig. 15

Pour trouver l'aire d'un trapèze.

Règle.—Multipliez la somme des deux côtés parallèles par la hauteur ou a distance entre ces deux côtés ; la moitié du produit sera l'aire.

Ex.—Quelle est l'aire d'un trapèze ABCD dans lequel AB a 321,51 pieds, DC 214,24 pieds, et la hauteur DE 171,16 pieds.

La somme des deux bases est 321,51 + 214,24 ou 535,75 ;

$$535{,}75 \times 171{,}16 = 91\,698{,}97$$

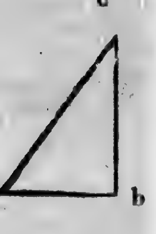
$$91\,698{,}97 \div 2 = 45\,849{,}485 \text{ pieds carrés.}$$

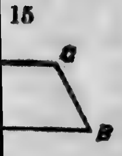
PROBLEME IV

Pour trouver l'aire d'un quadrilatère quelconque.

Règle.—Divisez le quadrilatère en deux triangles par une diagonale ; la somme des aires de ces triangles sera l'aire du quadrilatère.

Ex.—Quelle est l'aire d'un quadrilatère, dont le diagonale AC a 42 pieds, les deux perpendiculaires DE et BF ayant respectivement 16 et 18 pieds ?





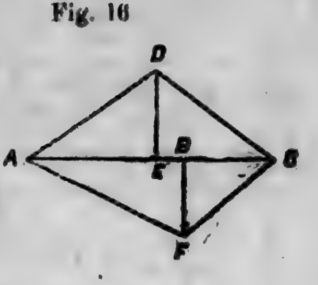


Fig. 16

$42 \times 9 = 378$
$42 \times 8 = 336$
Somme 714 pieds carrés.

On peut simplifier ce calcul, en multipliant la diagonale AC par la demi-somme des hauteurs DE et FB : $42 \times (9+8) = 42 \times 17 = 714$.

Des Polygones Réguliers

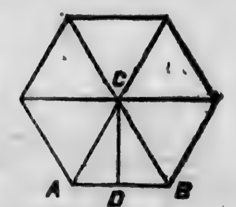
PROBLÈME V

Pour trouver l'aire d'un polygone régulier.

Règle.—Multipliez un des côtés par la moitié de la distance du côté au centre, et le produit par le nombre de côtés.

En examinant un polygone régulier, on voit qu'il contient autant de triangles égaux qu'il a de côtés.

Figure 17.



Par exemple, l'hexagone régulier a six triangles, dont chacun est égal à ABC.

L'aire du triangle ABC est égale au produit du côté AB par la moitié de CD; l'aire totale égale le résultat multiplié par le nombre des côtés.

Ex.—Quelle est l'aire d'un hexagone régulier dont le côté AB a 27,71 pieds, et la hauteur CD 24 pieds ?

Le côté AB multiplié par $\frac{1}{2}$ CD égale $27,71 \times 12$ ou 332.5 ; et 332,5 multiplié par 6, nombre des côtés, égale 1995 pieds carrés.

Un polygone quelconque circonscrit à un cercle, c'est-à-dire dont tous les côtés sont tangents à ce cercle, est décomposable en triangles ayant le centre du cercle pour sommet commun ; les bases respectives sont les côtés du polygone ; l'aire s'obtient en multipliant le rayon du cercle par le demi-périmètre du polygone, c'est-à-dire par la demi-somme des côtés.

Afin de faciliter l'évaluation de l'aire des polygones réguliers, nous donnons, dans le tableau suivant, les aires des divers polygones, pour le cas où le côté est égal à l'unité de longueur.

Pour un côté quelconque, on multipliera le carré de ce côté par le multiplicateur constant indiqué au tableau, c'est-à-dire par l'aire correspondante au côté 1.

TABLEAU DES POLYGONES REGULIERS

Nombre de côtés	Nom du polygone	Angle au centre	Angle du polygone	Multiplicateur ou aire pour le côté 1.	A	B	C
3	Triangle	120°	60°	0.433 012	2.	1.732	.5773
4	Carré	90	90	1.	1.414	1.414	.7071
5	Pentagone	72	108	1.720 477 4	1.238	1.175	.8506
6	Hexagone	60	120	2.598 076 2	1.156	1.000	1.000
7	Heptagone	$51\frac{3}{7}$	$128\frac{4}{7}$	3.633 912 4	1.11	.8677	1.152
8	Octogone	45	135	4.828 427	1.08	.7653	1.3065
9	Ennéagone	40	140	6.181 824 2	1.06	.6840	1.4619
10	Décagone	36	144	7.694 208 8	1.05	.6180	1.6180
11	Undécagone	$32\frac{8}{11}$	$147\frac{3}{11}$	9.365 640	1.04	.5634	1.7747
12	Dodécagone	30	150	11.196 152 4	1.037	.5176	1.9318

Les aires des polygones semblables sont entres elles comme les carrés de leurs côtés ; par suite, si le carré du côté d'un polygone régulier est multiplié par le multiplicateur correspondant à sa forme, le produit sera l'aire cherchée. Voici la formule : 1^2 : multiplicateur du tableau : : le carré du côté : l'aire cherchée.

PROBLÈME

Pour trouver l'aire d'un polygone régulier désigné, quand le côté seul est connu.

Règle.—Multipliez le carré du côté par le multiplicateur correspondant vis-à-vis du nom du polygone dans le tableau ; le produit sera l'aire cherchée.

Ex.—Quelle est l'aire d'un décagone régulier dont le côté a 87 pieds ?

$$87^2 \times 7,694\ 209 = 58\ 237,46 \text{ pieds carrés.}$$

Utilité additionnelle du tableau

La troisième et la quatrième colonne du tableau faciliteront beaucoup la construction des polygones avec l'aide d'un secteur ou d'un rapporteur.

Par exemple, si l'on demande de construire un octogone, vous voyez, dans la troisième colonne, que l'angle au centre est de 45 degrés : alors, avec la corde de 60° sur le secteur pour rayon, tracez un cercle, prenez 45° sur la même ligne du secteur ; et portez cette distance sur la circonférence, en la répétant tout autour ; joignez les points par des droites, qui seront les côtés.

La quatrième colonne donne l'angle de deux côtés contigus ; on peut aussi s'en servir pour construire le polygone.

Prenez la longueur de *l'apothème* ou de la perpendiculaire abaissée du centre sur l'un des côtés d'un polygone régulier ; multipliez par le nombre correspondant dans la colonne A ; le produit

sera le rayon d'un cercle qui contiendra le polygone, a circonférence de ce cercle passant par tous les sommets.

Le rayon d'un cercle, multiplié par le nombre placé dans la colonne B, donnera la longueur du côté du polygone régulier correspondant inscrit dans ce cercle.

La longueur du côté d'un polygone régulier, multiplié par le nombre correspondant dans la colonne C, donnera le rayon du cercle circonscrit à ce polygone.

DES FIGURES IRRÉGULIERES

Pour trouver l'aire des polygones irréguliers

Règle.—Divisez la figure en trapèzes ou en triangles ; trouvez l'aire de chaque partie séparément, et additionnez les résultats ; la somme sera l'aire cherchée.

Ex.—Quelle est l'aire du polygone suivant ?

Supposons AC = 20 perches
BH = 4 "
AC = 20 "
IH = 6 "
CE = 25 "
DH = 3 "
FI = 28 "
GH = 27 "
FI = 28 "
EH = 8 "
IC = IE = 25 "

Fig. 18

Rép. 618,8 verges carrées.

PROBLEME VI

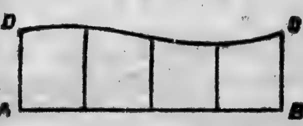
Pour trouver l'aire d'une longue figure irrégulière, bornée d'un côté par une ligne droite.

Règle.—1. Mesurez la largeur à plusieurs places à égales distances les unes des autres ;

2. Additionnez ces différentes largeurs, et ajoutez-y la demi-somme des deux perpendiculaires extrêmes ;

3. Multipliez cette somme par la base, et divisez par le nombre de parties de cette base.

Fig. 19



Ex. 1—Les largeurs d'une figure irrégulière ABCD à cinq places équidistantes, sont : 8.2, 10.2, 7.4, 9.2, 8.6, et la longueur de la base 39 : quelle est l'aire ?

8.2
8.6
———
2(16.8 sommes des extrêmes.
8.4 moyenne des extrêmes.

8.4		35.2
7,4		.39
9.2		———
10.2		3168
———		1056
35.2 somme.		———
		4)1372.8
		343.2 aire.

Ex. 2 —Les largeurs d'une figure irrégulière sont, à six distances égales, 17.4, 20.6, 14.2, 16.5, 20.1, 24.4 ; quelle est l'aire, la longueur étant de 84 ?—Rép. 1530.64.

SECTION II

Du cercle et de ses parties. Définitions.

1. Un *cercle* est une figure plane, bornée par une ligne courbe, qu'on appelle *circonférence,* dont tous les points sont à égale distance d'un point intérieur appelé *centre.*

2. Le *diamètre* d'un cercle est une ligne droite passant par le centre, et se terminant à la circonférence.

3. Le *rayon* ou demi-diamètre est une ligne droite menée du centre à la circonférence.

4. Un *quadrant* est un quart de la circonférence.

6. Une *corde* est une ligne droite joignant les deux extrémités d'un arc.

7. Un *segment circulaire* est un espace compris entre un arc et sa corde. La corde s'appelle aussi la *base* du segment.

La *hauteur* du segment est la perpendiculaire menée du milieu de la base à l'arc. On la nomme aussi *flèche* de l'arc.

On peut aussi considérer des *segments* de cercle compris entre deux cordes parallèles, qui sont les *bases* du segment ; leur distance est la hauteur du segment.

8. Un *secteur circulaire* est l'espace compris entre un arc et deux rayons.

9. Une *couronne circulaire* est l'espace compris entre deux circonférences concentriques.

10. Une *lunule* ou un *croissant* est l'espace compris entre deux arcs de cercles qui se coupent.

42. Une *ellipse* ou *ovale* est un espace limité par une ligne courbe analogue à la circonférence, mais avec des diamètres inégaux.

Le plus long diamètre est appelé *grand axe* de l'ellipse, et le plus court *petit axe.*

PROBLÈME I

Pour trouver la circonference d'un cercle, le diamètre étant donné.

Règle.—Multipliez le diamètre par le nombre π ou 3,1416 ; le produit sera la longueur de la circonférence.

Ou bien, multipliez le diamètre par 22, et divisez le produit par 7.

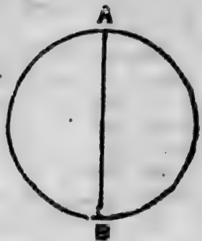
Ou bien, multipliez le diamètre par 355, et divisez le produit par 113.

Nota.—La dernière règle est plus précise que les autres, et peut donner de résultats de sept chiffres ; la première règle peut donner des résultats de cinq chiffres, et la deuxième règle des résultat de trois et quatre chiffres.

Ex. 1—Quelle est la circonférence d'un cercle dont le diamètre AB est 40 pieds ?

$$3{,}1416 \times 40 = 125{,}67 \text{ pieds}$$

Fig. 20



Ex. 2—Quelle est la circonférence correspondante à un diamètre de 73 ¾ ?

$$3{,}1416 \times 73{,}75 = 231{,}69$$

(Voyez le tableau des circonférences.)

PROBLEME II

Pour trouver le diamètre d'un cercle, la circonférence étant donnée.

Règle.—Divisez la circonférence par 3,1416, le quotient sera le diamètre.

Ou bien multipliez la circonférence par 7, et divisez le produit par 22.

Ou bien encore, multipliez la circonférence par 0,318 31.

Ex.—La circonférence d'un cercle étant de 69,115 verges, quel est le diamètre ?

$$69.115 \div 3.1416 = 22 \text{ verges.}$$

Autre Ex.—Quel est le diamètre d'un cercle dont la circonférence est 50 ?

$$50 \times .31831 = 15.9155$$

Nota.—Comme la multiplication est plus facile à faire que la division, la dernière méthode est préférable.

PROBLEME III

Pour trouver l'aire d'un cercle, le diamètre ou la circonférence étant connu.

Règle.—Multipliez le carré du diamètre par .7854 ;

Ou le carré de la circonférence par .07958 ;

Si la circonférence et le diamètre sont connus, multipliez la circonférence par le diamètre, et divisez le produit par 4 ; le résultat sera l'aire du cercle.

Ex. 1.—Combien y at-il de pouces carrés dans la surface d'un piston de 12¼ pouces de diamètre ?

$12\frac{1}{2}^2 = 12.5 \times 12.5 = 156.25$

$156,25 \times .7854 = 122.71$ pouces carrés.

Ex. 2.—Un piston de locomotive à 15 pouces de diamètre. Quelle est l'aire ?

$15 \times 15 = 225$

$225 \times .7854 = 176.71$ pouces carrés.

(Voir la table des aires des cercles.)

PROBLÈME IV

Pour trouver la longueur d'un arc de cercle, connaissant le nombre des degrés de l'arc, ainsi que le rayon, ou la corde, ou la flèche de l'arc.

Règle.—Multipliez le nombre de degrés de l'arc par la fraction décimale .01745, et le résultat par le rayon du cercle.

Ou bien, de 8 fois la corde du demi-arc, soustrayez la corde de tout l'arc ; le $\frac{1}{3}$ du reste sera approximativement la longueur de l'arc ;

Ou bien encore : 3 est au nombre de dégrés de l'arc, comme .05236 fois le rayon est à la longueur de l'arc.

Ex. 1.—Quelle est la longueur d'un arc de 40 degrés, dans un cercle dont le rayon CA est de 12 pieds ?

$.01745 \times 40 \times 12 = 8.376$. . . . longueur de l'arc.

fig. 21.

Ex. 2.—Quelle est la longueur d'un arc dont la corde AB est de 120 pieds, et la flèche HD de 45 pieds ?

$120 \div 2 = 60 = \frac{1}{2}$ corde de l'arc.

$60^2 = 3600$

$45^2 = 2025$

5625 somme des carrés.

$\sqrt{5625} = 75$, corde de la moitié de l'arc.

$(75 \times 8 - 120) \div 3 = 160$ pieds.

Nota —La corde de la moitié de l'arc est égale à la racine carrée de la somme des carrés de la flèche, et de la moitié de la corde de tout l'arc.

PROBLEME

Pour trouver la longueur d'un arc de cercle, connaissant la corde de tout l'arc, et la corde de la moitié de l'arc.

Règle.—Du carré de la corde du demi-arc, soustrayez le carré de la demi-corde de l'arc entier ; le reste sera le carré de la flèche ou de la hauteur. Ensuite procédez comme au cas précédent.

PROBLÈME

pour trouver la longueur d'un arc, connaissant le diamètre et la flèche

Règle.—De 60 fois le diamètre, soustrayez 27 fois la flèche, et réservez ce nombre. Multipliez le diamètre par la flèche : la racine carrée du produit sera la corde de la moitié de l'arc. Multipliez le double de la corde du demi-arc par 10 fois la flèche ; divisez le produit par le nombre réservé, et ajoutez le quotient au double de la corde du demi-arc ; la somme sera la longueur de l'arc.

TABLEAU

Des relations entre le cercle et le carré

1.	Diamètre	× .886 22	= côté du carré équivalent
2.	Circonférence	× .282 1	
3.	Diamètre	× .707 1	= côté du carré inscrit
4.	Circonférence	× .225 1	
5.	Aire du cercle	× .636 6	= aire du carré inscrit
6.	Côté du carré inscrit	× 1.414 2	= diamètre
7.	Côté du carré inscrit	× 4.443	= circonférence
8.	Côté d'un carré	× 1.128	= diamètre du cercle équivalent
9.	Côté d'un carré	× 3.545	= circonférence du cercle équivalent

PROBLÈME

Pour trouver le côté d'un carré inscrit à un cercle, connaissant la circonférence ou le diamètre.

Règle.—Multipliez le diamètre par .7071 ; le résultat exprime le côté du carré inscrit. Ou bien, multipliez la circonférence par .2251 ; le résultat exprime le côté du carré inscrit.

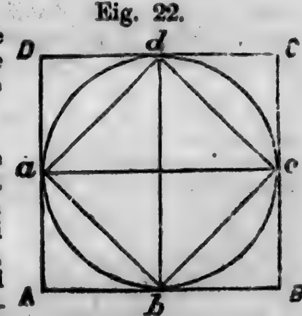
Ex. 1.—La circonférence d'un cercle est de 68 pouces ; quel est le côté du carré inscrit ?

$68 \times .2251 = 15.30$ pouces.

Ex. 2.—Un arbre a $37\frac{1}{2}$ pouces de diamètre au petit bout ; quel est le côté du plus grand bois carré, que l'on peut avoir de cet arbre ?

$37.5 \times .7071 = 26.51$ pouces.

Nota.—L'aire du cercle est à l'aire du carré circonscrit comme .7854 est à 1 ; et l'aire du cercle est à l'aire du carré inscrit, comme .7854 est à $\frac{1}{2}$. Si le lecteur examine la figure ci-dessus, il verra que le carré ABCD est égal au carré du diamètre du cercle, puis-



Eig. 22.

que e diamètre *ac* est égal au côté AB, et que AB élevé au carré exprime l'aire du carré ABCD.

De plus, le carré inscrit *abcd* est juste la moitié du carré circonscrit. En effet, chacun des triangles rectangles qui forment le carré inscrit est la moitié d'un des quatre carrés qui composent le carré circonscrit ABCD. Ainsi, le carré inscrit contient 4 triangles rectangles, et le carré circonscrit en contient 8. Le carré inscrit au cercle est donc la moitié du carré circonscrit.

PROBLÈME VI

Pour trouver l'aire d'un secteur.

Règle.—1. Trouvez la longueur de l'arc par le problème IV.

2. Multipliez la longueur de l'arc ainsi trouvée, par la moitié du rayon ; le produit sera l'aire.

Ou, 360 degrés sont au nombre de degrés de l'arc du secteur, comme l'aire du cercle est à l'aire du secteur.

Nota. Si le diamètre ou le rayon ne sont pas donnés, additionnez le carré de la demi-corde avec le carré de la flèche ; et divisez la somme par la flèche ; le quotient sera le diamètre.

Il est évident que l'aire du secteur est à l'aire du cercle, comme le nombre de degrés de toute la circonférence.

FIG. 23

Ex.—Quelle est l'aire d'un secteur, le rayon étant de 25 pieds et l'arc de 26 degrés ?

Par le problème IV, règle 3, on a :

$3 : 26 :: 25 \times .05236 : 11.344$

$11,344 \times 12,5 = 141,8.$

Par proportions :

$360 : 26 :: 1963,5 : 141,8.$

La dernière méthode est plus courte.

PROBLÈME VII

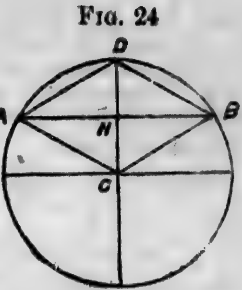
Pour trouver l'aire d'un segment ordinaire.

Règle.—1. A la corde de tout l'arc ajoutez $\frac{4}{3}$ de la corde de la moitié de l'arc ; multipliez le résultat par la flèche ou la hauteur du segment ; les $\frac{4}{10}$ du produit exprimeront l'aire du segment.

2. Divisez la hauteur ou la flèche par le diamètre, et cherchez le quotient dans la colonne des flèches (voir la table), ensuite prenez l'aire correspondante à ce nombre dans la colonne voisine à droite, et multipliez-la par le carré du diamètre ; le produit sera la réponse.

Autre méthode.—Menez des rayons aux extrémités de l'arc ; évaluez séparément l'aire du secteur compris entre l'arc et les deux rayons, et l'aire du triangle formé par les rayons et la corde ; la différence sera l'aire du segment.

Fig. 24



Ex. 1—Quelle est l'aire d'un segment dont la corde CA est de 24 pieds et le rayon AB de 20 pieds ?

$CA^2 - AH^2 = CH^2$

$\sqrt{400 - 144} = 16 = CH$

$CD - CH = DH$

$20 - 16 = 4$, flèche du segment.

$AH^2 + DH^2 = AD^2$

$\sqrt{144 + 16} = 12,64911$, corde DA.

24	corde du segment
12,64911	corde du demi-arc
4,21637	$\frac{1}{3}$ de la corde du demi-arc
40,86548	
4	flèche

$163,46192 \times 4 \div 10 = 65,34768$, aire du segment.

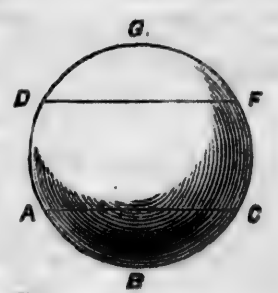
(Voir la table des aires des segments.)

PROBLEME VIII.

Pour trouver l'aire d'un segment de cercle compris entre deux cordes parallèles.

Règle.—De l'aire du cercle, soustrayez les aires des deux segments extrêmes.


Fig. 26.



Si l'on retranche du cercle les deux segments ACB et DFG le reste sera l'aire de la figure ACFD.

Ex.—Quelle est l'aire du segment à deux bases ACDF, si AC égale 7,75, DF 6,93, et le diamètre du cercle 8 ?

50,26	aire du cercle.
17,23	aire du segment ACB.
9,82	aire du segment DFG.
27,05	

$50,26 - 27,05 = 23,21$ aire de la figure ACFD.

CROISSANTS

PROBLÈME IX

Pour trouver l'aire d'un croissant.

Règle.—Trouvez la différence entre les deux segments qui sont entre les arcs et la corde ; ce sera l'aire du croissant.

Fig. 23

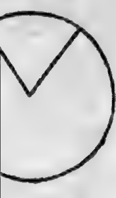


FIG.

D O H A B

Ex.—La corde AB des deux segments est 72, la hauteur HD du plus grand est 30, et la hauteur HC du plus petit est 20. Quelle est l'aire du croissant ?

$\overline{30^2} + \overline{36^2} = 2196.$

$\sqrt{2196} = 46,8$, corde du demi-arc.

$46.8 \times \frac{4}{3} = 62,4$

$(62,4 + 72) \times 30 \times \frac{4}{10} = 1612,8$, aire du segment ABD.

$\overline{20^2} + \overline{36^2} = 1696$

$\sqrt{1696} = 41,2$, corde du demi-arc. $41,2 \times \frac{4}{3} = 54,9.$

$(54,9 + 72) \times 20 \times \frac{4}{10} = 1017,4$, aire du segment ABC.

$1612,8 - 1017,4 = 595,36$, aire du croissant.



PROBLÈME X

Pour trouver l'aire de la couronne comprise entre deux circonférences.

RÈGLE.—1. Elevez au carré le diamètre de chaque cercle, et soustrayez le plus petit carré du plus grand.

2. Multipliez la différence des carrés par .7854 ; le produit sera l'aire cherchée.

Ou bien, multipliez la somme des deux diamètres par leur différence, et le produit par .7854 ; le résultat sera la réponse.

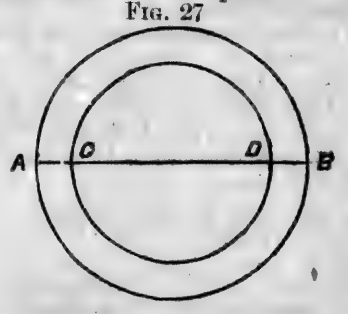


FIG. 27

Ex.—Si le diamètre AB du cercle extérieur est 221, et le diamètre CD du cercle intérieur 106, quelle est l'aire de la couronne ?

$221^2 \times .7854 = 38359,72$

$106^2 \times .7854 = 8824,75$

Réponse 29534,97

Autrement : $(221^2 - 106^2) \times .7854 = 29534.97.$

DES ELLIPSES

PROBLEME XI

Pour trouver l'aire d'une ellipse.

Règle.—Multipliez le grand axe par le petit axe, et le produit par ,7854 ; le résultat sera la réponse.

Ex.—Quelle est l'aire d'une ellipse dont le grand axe AB a 70 pieds, et le petit axe CD 50 pieds ?

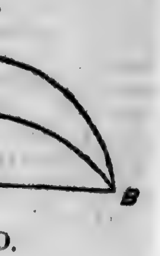
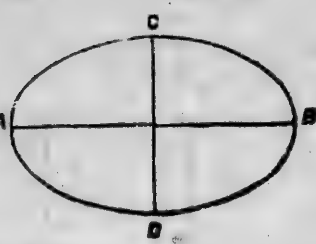




Fig. 28



$AB \times CD = 70 \times 50 = 3500$
$3500 \times .7854 = 2748,9 =$ aire

Ex. 2—Quelle est l'aire d'une ellipse dont les axes sont 16 et 12 ?
$12 \times 16 \times .7854 = 150,70.$

PROBLEME XII

Pour trouver le contour d'une ellipse.

Règle.—Elevez au carré les deux axes, et multipliez la racine carrée de la moitié de la somme des deux carrés par 3,1416.

Ex.—Quelle la circonférence d'une ellipse dont les axes ont 16 et 18 pieds ?

$16^2 + 18^2 = 580$, somme des carrés des axes ;
$580 \div 2 = 290$, moitié de la somme ;
$\sqrt{290} \times 3,1416 = 53.5$ pieds, longueur de l'ellipse.

PROBLEME XIII

pour trouver l'aire d'un segment elliptique déterminé par une ligne perpendiculaire à l'un des axes.

Régle.—Trouvez l'aire correspondante d'un segment circulaire ; ensuite dites : l'axe perpendiculaire est à l'axe parallèle à la base du segment, comme l'aire du segment circulaire est à l'aire du segment cherché.

Ex.—La hauteur d'un segment elliptique est 10, et les axes sont respectivement 25 et 35 : quelle est l'aire du sgement ?

$10 \div 35 = .2857$, flèche du segment, pour lequel la table donne .18452.

$$.18452 \times 35^2 = 231,57$$

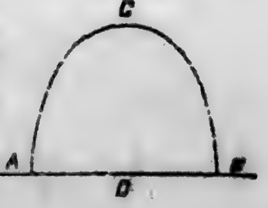
$25 : 35 :: 231,57 : x = 324,2$, aire du segment.

PROBLÈME XIV

Pour trouver l'aire d'un segment parabolique.

Règle.—Multipliez la base par la hauteur ; les deux tiers du produit donneront la réponse.

Fig. 29



Ex.—Quelle est l'aire d'un segment parabolique dont la base a 26 pouces, et la hauteur 18 pouces ?

$26 \times 18 = 468$, produit de la base par la hauteur.

$(468 \times 2) \div 3 = 312$ pouces carrés. Réponse.

TABLEAU

Des aires des segments d'un cercle dont le diamètre est l'unité, pour des flèches variant de 1 à 500 millièmes du diamètre.

Flèche.	Aire du segment.	Flèche.	Aire du segment.	Flèche.	Aire du segment.	Flèche.	Aire du segment.	Flèche.	Aire du segment.
.001	.000 04	.042	.011 33	.083	.031 07	.124	.056 00	.165	.084 80
.002	.000 11	.043	.011 73	.084	.031 62	.125	.056 66	.166	.085 54
.003	.000 21	.044	.012 14	.085	.032 18	.126	.057 32	.167	,086 28
.004	.000 33	.045	.012 55	.086	.032 74	.127	.057 99	.168	.087 03
.005	.000 47	-046	.012 97	.087	.033 30	.128	.058 65	.169	.087 78
.006	.000 61	.047	.013 39	.088	.033 87	.129	.059 32	.170	.088 53
.007	.000 77	.048	.013 81	.089	.034 44	.130	.059 99	.171	.089 28
.008	.000 95	.049	.014 24	.090	.035 01	.131	.060 67	.172	.090 04
.009	.001 13	.050	.014 68	.091	.035 58	.132	.061 34	.173	.090 79
.010	.001 32	.051	.015 11	.092	.036 16	.133	.062 02	.174	.091 55
.011	.001 53	.052	.015 56	.093	.036 74	.134	.062 70	.175	.092 31
.012	.001 74	.053	.016 00	.094	.037 32	.135	.063 38	.176	.093 07
.013	.001 96	.054	.016 45	.095	.037 90	.136	.064 07	.177	.093 83
.014	.002 19	.055	.016 91	.096	.038 49	.137	.064 76	.178	.094 60
.015	.002 43	.056	.017 36	.097	.039 08	.138	.065 44	.179	.095 36
.016	.002 68	.057	.017 83	.098	.039 68	.139	.066 14	.180	.096 13
.017	.002 94	.058	.018 29	.099	.040 27	.140	.066 83	.181	.096 90
.018	.003 20	.059	.018 76	.100	.040 87	.141	.067 52	.182	.097 67
.019	.003 47	.060	.019 23	.101	.041 47	.142	.068 22	.183	.098 44
.020	.003 74	.061	.019 71	.102	.042 08	.143	.068 92	.184	.099 22
,021	.004 03	.062	.020 19	.103	.042 68	.144	.069 62	.185	.099 99
.022	.004 32	.063	.020 68	.104	.043 29	.145	.070 32	.186	.100 77
.023	.004 61	.064	.021 16	.105	.043 90	.146	.071 03	.187	.101 55
.024	.004 92	.065	.021 65	.106	,044 52	.147	.071 74	.188	.102 33
.025	.005 23	.066	.022 15	.107	.045 13	.148	.072 45	.189	.103 11
.026	.005 54	.067	.022 65	.108	.045 75	.149	.073 16	.190	.103 90
.027	.005 86	.068	.023 15	.109	.046 38	.150	.073 87	.191	.104 68
.028	.006 19	.069	.023 65	.110	.047 00	.151	.074 58	.192	.105 47
.029	.006 52	.070	.024 16	.111	.047 63	.152	.075 30	.193	.106 26
.030	.006 86	.071	.024 68	.112	.048 26	.153	.076 02	.194	.107 06
.031	.007 20	.072	.025 19	.113	.048 89	.154	.076 74	.195	.107 84
.032	.007 55	.073	.025 71	.114	.049 52	.155	.077 46	.196	.108 63
.033	.007 91	.074	.026 23	.115	.050 16	.156	.078 19	.197	.109 43
.034	.008 27	.075	.026 76	.116	.050 80	.157	.078 92	.198	.110 22
.035	.008 63	.076	.027 28	.117	.051 44	.158	.079 64	.199	.111 02
.036	.009 00	.077	.027 82	.118	.052 09	.159	.080 38	.200	.111 82
,037	.009 38	.078	.028 35	.119	.052 73	.160	.081 11	.201	.112 62
.038	.009 76	.079	.028 89	.120	.053 38	.161	.081 84	.202	.113 42
.039	.010 14	.080	.029 43	.121	.054 03	.162	.082 58	.203	.114 23
.040	.010 53	.081	.029 97	.122	.054 68	.163	.083 32	.204	.115 03
.041	.010 93	.082	.030 52	.123	.055 34	.164	.084 05	.205	.115 84

TABLE (*Suite*)

Flèche.	Aire du segment.	Flèche.	Aire du segment.	Flèche.	Aire du segment.	Flèche.	Aire du segment.	Flèche	Aire du segment.
.206	.116 65	.250	.153 54	.294	.192 68	.338	.233 58	.382	.275 80
.207	.117 46	.251	.154 41	.295	.193 59	.339	.234 52	.383	.276 77
.208	.118 27	.252	.155 28	.296	.194 50	.340	.235 47	.384	.277 74
.209	.119 08	.253	.156 14	.297	.195 42	.341	.236 42	.385	.278 72
.210	.119 89	.254	.157 01	.298	.196 33	.342	.237 36	.386	.279 69
.211	.120 71	.255	.157 89	.299	.197 25	.343	.238 31	.387	.280 66
.212	.121 52	.256	.158 76	.300	.198 16	.344	.239 26	.388	.281 64
.213	.122 34	.257	.159 63	.301	.199 08	.345	.240 21	.389	.282 61
.214	.123 16	.258	.160 51	.302	.200 00	.346	.241 16	.390	.283 59
.215	.123 98	.259	.161 38	.303	.200 92	.347	.242 12	.391	.284 56
.216	.124 81	.260	.162 26	.304	.201 84	.348	.243 07	.392	.285 54
.217	.125 63	.261	.163 14	,305	.202 76	.349	.244 02	.393	.286 52
.218	.126 45	,262	.164 01	.206	,203 68	.350	.244 98	.394	.287 49
.219	.127 28	-263	.164 89	.307	.204 60	.351	.245 93	.395	.288 47
.220	.128 11	.264	.165 78	.308	.205 52	.352	.246 88	.396	.289 45
.221	.128 94	.265	.166 66	.309	.206 45	.353	.247 84	.397	.290 43
.222	.129 77	.266	.167 54	.310	.207 37	.354	.248 80	.398	.291 41
.223	.130 60	.267	.168 43	.311	.208 30	.355	.249 75	.399	.292 39
.224	.131 43	.268	.169 31	.312	.209 22	.356	.250 71	.400	.293 36
.225	.132 27	.269	.170 20	.313	.210 15	.357	.251 67	.401	.294 34
.226	.133 10	.270	.171 08	.314	.211 08	.358	.252 63	.402	.295 33
.227	.133 94	.271	.171 97	.315	.212 01	.359	.253 59	.403	.296 31
.228	.134 78	.272	.172 86	.316	.212 94	.360	.254 55	.404	.297 29
.229	.135 62	.273	.173 75	.317	.213 87	.361	.255 51	.405	.298 27
.230	.136 46	.274	.174 64	.318	.214 80	.362	.256 47	.406	.299 25
.231	.137 30	.275	.175 54	.319	.215 73	.363	.257 43	.407	.300 23
.232	.138 15	.276	.176 43	,320	.216 66	.364	.258 39	.408	.301 22
.233	.138 99	.277	.177 33	.321	.217 59	.365	.259 35	.409	.302 20
.234	.139 84	.278	.178 22	.322	.218 53	.366	.260 32	.410	.303 18
.235	.140 68	.279	.179 12	.323	.219 46	.367	.261 28	.411	.304 17
.236	.141 53	.280	.180 01	.324	.220 40	.368	.262 24	.412	.305 15
.237	.142 38	.281	.180 91	.325	.221 34	.369	.263 21	.413	.306 14
.238	.143 23	.282	.181 81	.326	.222 27	.370	.264 17	.414	.307 12
.239	.144 09	.283	.182 71	.327	.223 21	.371	.265 14	.415	.308 11
.240	.144 94	.284	.183 61	.328	.224 15	.372	.266 11	.416	.309 09
.241	.145 79	.285	.184 52	.329	.225 09	.373	.267 07	.417	.310 08
.242	.146 65	.286	.185 42	.330	.226 03	.374	.268 04	.418	.311 06
.243	.147 51	.287	.186 32	.331	.226 97	.375	.269 01	.419	.312 05
.244	.148 37	.288	.187 23	.332	.227 91	.376	.269 98	.420	.313 04
.245	.149 23	.289	.188 14	.333	.228 85	.377	.270 95	.421	.314 02
.246	.150 09	.290	.189 04	.334	.229 80	.378	.271 92	.422	.315 01
.247	.150 95	.291	.189 95	.335	.230 74	.379	.272 89	.423	.316 00
.248	.151 81	.292	.190 86	.336	.231 68	.380	.273 86	.424	.316 99
.249	.152 68	.293	.191 77	.337	.232 63	.381	.274 83	.425	.317 98

TABLE (*Suite*)

Flèche.	Aire du segment.	Flèche.	Aire du segment.	Flèche.	Aire du segment.	Flèche.	Aire du segment.	Flèche.	Aire du segment.
.426	.318 97	.441	.333 83	.456	.348 75	.471	.363 71	.486	.378 70
.427	.319 95	.442	.334 82	.457	.349 75	.472	.364 71	.487	.379 70
.428	.320 94	.443	.335 82	.458	.350 74	.473	.365 71	.488	.380 70
.429	.321 93	.444	.336 81	.459	.351 74	.474	.366 71	.489	.381 69
.430	.322 92	.445	.337 81	.460	.352 74	.475	.367 70	.490	.382 69
.431	.323 91	.446	.338 80	.461	.353 73	.476	.368 70	.491	.383 69
.432	.324 90	.447	.339 79	.462	.354 73	.477	.369 70	.492	.384 69
.433	.325 90	.448	.340 79	.463	.355 73	.478	.370 70	.493	.385 69
.434	.326 89	.449	.341 78	.464	.356 73	.479	.371 70	.494	.386 69
.435	.327 [illegible]	.450	.342 78	.465	.357 72	.480	.372 70	.495	.387 69
.436	[illegible]	.451	.343 77	.466	.358 72	.481	.373 70	.496	.388 69
.437	.329 8[illegible]	.452	.344 77	.467	.359 72	.482	.374 70	.497	.389 69
.438	.330 85	453	.345 76	.468	.360 72	.483	.375 70	.498	.390 69
.439	.331 85	.454	.346 76	.469	.361 71	.484	.376 70	.499	.391 69
.440	.332 84	.455	.347 75	.470	.362 71	.485	.377 70	.500	.392 69

Usage de cette table

Pour trouver l'aire d'un segment de cercle,

RÈGLE.—Divisez la flèche ou hauteur du segment par le diamètre du cercle, et cherchez le nombre obtenu dans la colonne intitulée *Flèche :* prenez, dans la colonne située à droite, l'aire correspondante, qui, multipliée par le carré du diamètre, donnera l'aire du segment.

Ex.—Quelle est l'aire d'un segment de cercle dont la hauteur a $3\frac{1}{4}$ pieds, le diamètre du cercle étant de 50 pieds ?

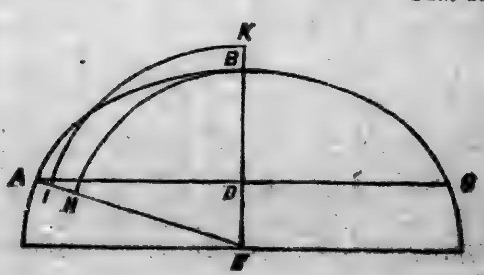
$3\frac{1}{4}=3.25$, et $325 \div 50 = .065$.

L'aire correspondante à .065 dans la table est .021659.

$.021659 \times 50^2 = 54.1475$ pieds carrés.

Manière de trouver la longueur d' une courbe elliptique quand la figure est moindre que la moitié de l'ellipse.

FIG. 31



Supposez que la longueur de la ligne courbe à trouver soit *ABG* ; prolongez la ligne *BD* jusqu'en *E*, centre de l'ellipse; menez la ligne droite *EA*, et du centre *E*, avec la distance *EB*, tracez l'arc *BH ;* divi-

sez *AH* en deux parties égales : avec le rayon EI, tracez l'arc IK, qui sera approximativement la moitié de l'arc ABC.

SECTION III

DES SOLIDES BORNÉS PAR DES FACES PLANES

Solide.—Un *solide* a trois dimensions, savoir : la longueur, la largeur, et l'épaisseur ou la hauteur.

1. *Cube.*—Un *cube* est un solide limité par six carrés égaux; ces carrés sont parallèles deux à deux.

2. *Prisme*—Un *prisme* est un solide dant toutes les faces latérales sont des parallèlogrammes, et les bases des polygones.

3. *Parallélépipède*—Un *parallélépipède* est un prisme dont les bases sont des parallélogrammes. Un parallélépipède est limité par six parallélogrammes, qui sont égaux deux à deux.

4. *Pyramide*—Une *pyramide* est un solide dont la base est un polygone quelconque, est dont les faces latérales sont des triangles qui se terminent en un point commun, nommé *sommet* de la pyramide.

5. Un *Tronc de pyramide* est la partie inférieure d'un pyramide coupée par un plan parallèle à la base.

6. Un *coin* est un solide à cinq faces, dont deux sont des parallélogrammes qui se rencontrent ; la base est un rectangle, et les bouts sont des triangles.

La coin n'est autre chose qu'un prisme triangulaire couché sur une face latérale, que l'on considère comme base du coin.

7. Le *prismoïde* est un solide dont les bases sont parallèles, mais non semblables, et les côtés sont des quadrilatères.

DU CUBE ET DES PARALLÉLÉPIPÈDES

PROBLÈME

Pour trouver la surface latérale d'un prisme.

Règle.—Multipliez le périmètre de la base par la longueur du prisme ; vous obtenez ainsi la surface latérale ; ajoutez l'aire des deux bases, et vous aurez la surface totale.

Ex.—Quelle est la surface d'un prisme dont la base est nu hexagone régulier ayant 2 pieds 3 pouces de côté ; et la hauteur 11 pieds ?

2 pieds 3 pouces font 27 pouces.

$27 \times 6 = 162$ pouces, périmètre de la base ;

Hauteur 11 pds ou 132 pouces ;

$132 \times 162 = 21384$ pouces carrés.

$21384 \div 144 = 148{,}5$ pieds carrés

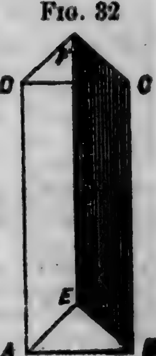


Fig. 32

Autre exemple.—Quelle est la surface totale du prisme triangulaire AC (fig. 32), ayant pour base un triangle équilatéral de 1 pied de côté, et ayant 5 pieds de hauteur ?

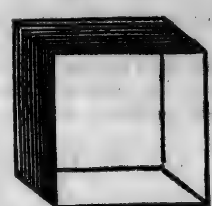
D'après le tableau des polygones réguliers, page 32, l'aire des deux bases sera 0.433 × 2 ou 0.866 ; le périmètre du prisme est 3, et la surface latérale égale 3 × 5 ou 15 ; par suite, la surface totale, en pieds carrés, égale 15,866.

PROBLÈME

Pour trouver le volume d'un parallélépipède.

Règle.—Multipliez l'aire de la base par la hauteur, et le produit exprimera le volume demandé.

Ex. 1—Trouvez le nombre de gallons que contient une citerne dont la base est un carré ayant 5 pds 4 pouces de côté, et dont la hauteur a 6 pds 8 pcs ?


Fig. 33

5 pds 4 pcs = 64 pouces
$64^2 = 4096$
6 pds 8 pcs = 80 pouces
4096 × 80 = 327680
327680 ÷ 1728 = 189,63 pieds cubes
189,63 × 6,25 = 1185,17 gallons
Un pied cube contient 6 gallons et ¼.

Ex. 2—Quel est le volume d'un prisme de granit de 9 pds 2 pcs de longueur, les bouts ayant 12 pcs sur 16 ? Quelle sera le poids si le pied cube pèse 169 livres ?

9 pds 2 pcs = 110 pcs
16 × 12 = 192 pcs carrés, aire de la base
192 × 110 = 21120, volume en pouces cubes
21120 ÷ 1728 = 12,22 pieds cubes
12,22 × 169 = 2065 livres

DES PYRAMIDES

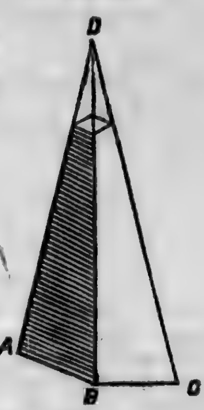
PROBLÈME.

Pour trouver la surface latérale d'une pyramide régulière.

Règle.—Multipliez le périmètre de la base par la moitié de l'apothème, ou de la hauteur de l'un des triangles latéraux ; le produit exprimera la surface latérale ; ajoutez l'aire de la base, et vous aurez la surface totale.



Fig. 34





Ex.—Quelle est la surface latérale d'une pyramide triangulaire régulière, chaque côté de la base ayant 8 pieds, et l'apothème de la pyramide ou la hauteur des triangles latéraux ayant 20 pieds.

$8 \times 3 = 24$ pieds, périmètre de la base
20

2)480

240 pds carrés, surface latérale.

PROBLÈME IV

Surface latérale d'une pyramide-tronquée régulière.

Règle.—Multipliez la demi-somme des perimètres des deux bases par l'apothème du tronc, qui est la hauteur des trapèzes latéraux ; vous aurez ainsi l'expression de la surface latérale ; ajoutez-y les aires des bases, et vous aurez la surface totale.

Ex.—Quelle est la surface latérale d'un tronc de pyramide octogonale régulière l'apothème étant de 42 pds, chaque côté de la grande base ayant 5 pieds, et chaque côté de la petite base ayant 3 pieds ?

$5 \times 8 = 40$ pieds, périmètre de la base inférieure.
$3 \times 8 = 24$ pieds, périmètre de la base supérieure.
64 pieds, somme des périmètres.
32 pieds, demi-somme des périmètres.

$32 \times 42 = 1344$ pieds carrés, aire de la surface latérale.

PROBLÈME V

Volume de la pyramide.

Règle.—Trouvez l'aire de la base, et multipliez par $\frac{1}{3}$ de la hauteur.

Nota. Cette règle suit de celle des prismes, parce qu'une pyramide est le tiers du prisme de même base et de même hauteur ; il en résulte que le volume d'une pyramide, soit droite soit oblique, est égal au produit de l'aire de la base par le $\frac{1}{3}$ de la hauteur.

Fig. 35

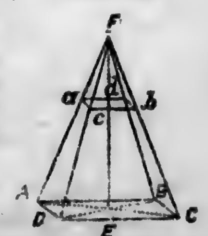


Fig. 36



Ex.—Quelle est le volume d'une pyramide dont la base ABCD est un carré de 30 pieds de côté, et dont la hauteur perpendiculaire EF est de 25 pieds ?

$30 \times 30 = 900$ pieds carrés, aire de la base.

$25 \div 3 = 8\frac{1}{3}$

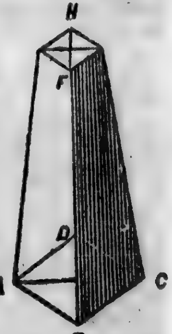
$900 \times 8\frac{1}{3} = 7500$ pieds cubes, volume de la pyramide.

Nota.—Par cette règle, les marbriers peuvent facilement trouver le volume et le poids d'une pièce pyramidale, en consultant le tableau des poids spécifiques, où ils trouveront le poids du pied cube ou du pouce cube.

PROBLÈME VI

Volume d'un tronc de pyramide


Fig. 37



Règle.—Additionnez les aires des deux bases, et ajoutez au total la racine carrée du produit de ces mêmes bases ; et multipliez le résultat par le $\frac{1}{3}$ de la hauteur perpendiculaire ; le produit sera le volume cherché.

Ex.—Quelle est le volume d'un tronc de pyramide en marbre, dont la base inférieure ABCD est un carré de 20 pouces de côté, la base supérieure FH un carré de 14 pouces de côté, et dont la hauteur a 8 pds 4 pcs ? quel sera le poids, si chaque pied cube pèse 169 livres ?

$20^2 = 400$ pouces carrés, aire de la base infér.

$14^2 = 196$ pcs carrés, aire de la base supérieure

596 somme des aires.

8 pds 4 pcs $= 100$ pouces ; $100 \div 3 = 33\frac{1}{3}$

$\sqrt{400 \times 196} = 280$

$(596 + 280) \times 33\frac{1}{3} = 29200$ pouces cubes.

$29200 \div 1728 = 16{,}9$ pieds cubes.

Le poids sera $16.9 \times 169 = 2856$ livres.

Des coins et des prismoïdes

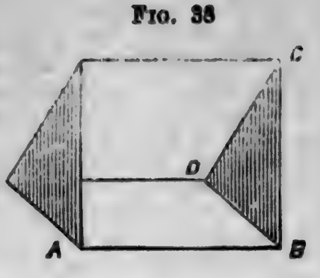
PROBLÈME VII

Règle.—Multipliez l'aire de la base du coin par la moitié de la hauteur ; le produit exprimera le volume.

Fig. 36



Fig. 38



Ex.—Quel est le volume d'un oin dont la base est un rectangle yant 27 pieds en AB et 8 pieds en 3D, et dont la hauteur perpendicu aire a 220 pieds ?

Aire de la base 27 × 8 ou 216 pds c.

216 × 11 = 2376 pieds cubes, volume du coin.

PROBLÈME VIII

Volume d'un prismoïde

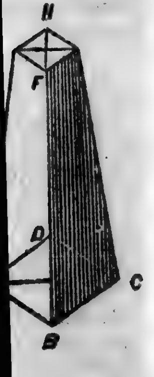
Règle.—A l'aire des deux bases, ajoutez 4 fois l'aire de la section équidistante des bases ; cette somme, multipliée par $\frac{1}{6}$ de la hauteur, donne l'expression du volume.

Fig. 39

Ex.—Quel est le volume d'un prismoïde dont les bases sont des rectangles, ayant l'un 14 pouces sur 12, et l'autre 6 pouces sur 4, et dont la hauteur a 30 pieds 6 pouces ?

14 × 12 = 168 pouces carrés, base inférieure.
6 × 4 = 24 pouces carrés, base supérieure.
192 pouces carrés, somme des bases.
(14 + 6) ÷ 2 = 10
(12 + 4) ÷ 2 = 8
80
4
320 pouces carrés, 4 fois la section du milieu.
192
512
61 $\frac{1}{6}$ de la hauteur en pouces.
512
3072
31232 pouces cubes.
31232 ÷ 1728 = 18,074 pieds cubes.

Fig. 37



SECTION IV

Cylindre, cône et sphère.—Définitions.

1. Un *cylindre* est un solide uniforme dans sa longueur, dont les bases sont deux cercles égaux et parallèles.

la moitié de

2. Un *cône* est une pyramide dont la base est un cercle.

3. Un *tronc de cône* est la partie inférieure d'un cône coupé par un plan parallèle à la base.

4. Un *conoïde* est un solide formé par une parabole ou une hyperbole tournant autour de son axe ; on dit aussi, dans ces cas, *paraboloïde*, *hyperboloïde*.

5. Le *sphéroïde* est un solide formé par la révolution d'une ellipse autour de son axe ; on dit aussi, dans ce cas, *ellipsoïde*.

6. La *sphère* est un solide terminé par une surface dont tous les points sont à égale distance d'nn point intérieur appelé centre.

7. Le *rayon* d'une sphère est une ligne menée du centre à la surface.

8. Le *diamètre* d'une sphère est une ligne droite passant par le centre et se terminant de part et d'autre à la surface.

9. Un *segment sphérique* est une partie de la sphère comprise entre deux plans parallèles ; les deux cercles déterminés par ces plans sont les *basee* du segment, et leur distance en est la *hauteur*.

Si l'un des plans est tangent à la sphère, on a un segment à une base.

10. Une *zone* est une partie de la surface de la sphère comprise entre deux plans parallèles.

La *hauteur* de la zone est la distance des deux plans.

Si l'un des plans est tangent à la sphère, la zone prend le nom de *calotte sphérique*.

11. On appelle *tore* un solide semblable à un anneau de fer rond.

12. Le *parabole* est une section d'un cône par un plan parallèle au côté.

13. Une *hyperbole* est une section d'un cône par un plan quelconque qui ne coupe pas toute la surface latérale.

14. Une *ellipse* est une section d'un cône par un plan qui coupe toute la surface latérale.

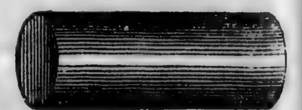
15. Le *grand axe* et le *petit axe* se coupent à angle droit au *centre* de l'ellipse.

PROBLÈME 1

Surface d'un cylindre.

Règle.—Multipliez la circonférence de la base par la hauteur ; le produit exprime la surface latérale. Pour avoir la surface totale, ajoutez à ce produit les aires des deux bases.

Ex. Quelle est la surface d'un cylindre, de 3 pieds de diamètre et 23 pieds de longueur ? Fig. 40



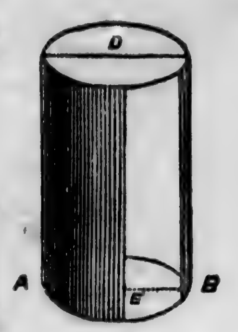
3 × 3,1416 = 9,42477
9,42477 × 23 = 216,76971 pieds carrés, surface latérale.

PROBLÈME

Volume d'un cylindre.

Règle.—Multipliez l'aire de la base par la hauteur ; le produit exprimera le volume.

FIG. 41



Ex. 1—Quel est le volume d'un cylindre dont le diamètre AB est 16 pieds, et la hauteur de 28 pieds ?

$16^2 = 256$

$256 \times .7854 = 201,0624$

$201,0624 \times 28 = 5629,7472$ pieds cubes.

Ex. 2.—Le minot de Winchester est une mesure cylindrique de $18\frac{1}{2}$ pouces de diamètre et d'une profondeur de 8 pouces : quelle est sa capacité ?

Aire de la base . . $18,5^2 \times .7854 = 268,8025$

$268,8025 \times 8 = 2150,42$ pouces cubes, capacité demandée.

Nota.—Par cette règle, tout inspecteur de poids et de mesures peut déterminer exactement la capacité des mesures soumises à son inspection, soit mesure de liquide ou toute autre, en réduisant la capacité en pouces cubes, et en divisant par le nombre de pouces cubes que doit contenir cette mesure.

Les diviseurs pour mesures sont dans la table des poids et mesures, page 6.

Ex. 3.—Quelle est la capacité d'une chaudière de 14 pds 3 pcs en longueur, et 5 pds 4 pcs de diamètre ? quelle est la capacité en gallons ?

14 pds 3 pcs font 171 pcs.

5 pds 4 pcs font 64 pouces

$64^2 \times .7854 = 3217$ pouces carrés, aire de la base

$(3217 \times 171) \div 1728 = 319,16$ pieds cubes

$319.16 \times 6.25 = 1994.75$ gallons.

Nota.—La multiplication étant plus facile à faire que la division, au lieu de diviser par 1728, on peut multiplier par le nombre inverse 0,000 5787, ce qui donne également la traduction des pouces cubes en pieds cubes.

PROBLÈME III

Pour trouver la surface d'un cône

Règle.—Multipliez la circonférence de la base par l'apothème, ou par la longueur du côté du cône ; la $\frac{1}{2}$ du produit exprimera la surface latérale du cône ; pour avoir la surface totale, ajoutez l'aire de la base.

Fig. 42



Ex.—Le diamètre AB de la base d'un cône est de 3 pds. et l'apothème AC de 15 pds ; quelle est la surface latérale ?

3 × 3,1416 = 9,42477 pds, périmètre de la base
(9,42477 × 15) ÷ 2 = 70,686 pieds carrés, surface latérale du cône.

PROBLÈME IV

Pour trouver le volume d'un cône

Règle.—Multipliez l'aire de la base par le $\frac{1}{3}$ de la hauteur perpendiculaire ; le produit exprimera le volume du cône.

Ex.—Quel est le volume d'un cône dont la hauteur perpendiculaire *cd* est de $10\frac{1}{2}$ pieds, et la circonférence de 28,27 pieds ?

28,27 ÷ 3,1416 = 9 ; $9^2 = 81$

81 × .7854 = 63,6174 pieds carrés, aire de la base

10,5 ÷ 3 = 3,5 pieds, tiers de la hauteur

63.6174 × $3\frac{1}{2}$ = 222,6609 pieds cubes, volume

PROBLÈME V

Pour trouver la surface d'un cône tronqué.

Règle.—Multipliez la somme des deux circonférences des deux bases par la $\frac{1}{2}$ longueur de l'apothème ; le produit exprimera la surface latérale ; en ajoutant l'aire des deux bases, vous aurez la surface totale.

Nota. Cette règle est précisément la même que pour une pyramide tronquée.

PROBLÈME VI

Pour trouver le volume d'un cône tronqué.

Règle.—La règle est la même de celle d'une pyramide tronquée voir probl VI, sect. III).

SPHÈRE

PROBLÈME VI

Pour trouver la surface d'une sphère.

Règle.—Multipliez la circonférence par le diamètre ; ou bien le carré du diamètre par 3.1416 ; le produit exprime la surface de la sphère.



Fig. 42

Ex.—Quelle est la surface d'une sphère dont le diamètre est 7 pieds ?

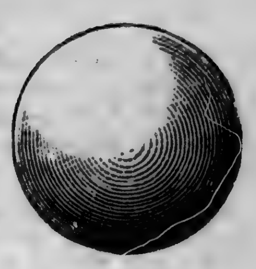


Fig. 43

$7 \times 3,1416 = 21,9912$ pieds, circonférence.
$21.9912 \times 7 = 153.9384$ pieds carrés, surface.

Autrement : $7^2 \times 3,1416 = 49 \times 3,1416 =$ 153,94 pieds carrés.

PROBLÈME VIII

Superficie d'un segment sphérique ou d'une zone.

Règle.—Multipliez la hauteur de la zone ou du segment par la circonférence de la sphère dont le segment fait partie ; le produit exprime la surface convexe du segment, c'est-à-dire l'aire de la zone.

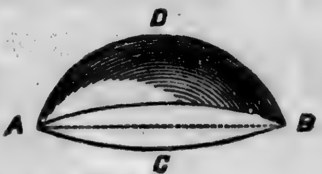


Fig. 44

Ex.—Si l'axe ou le diamètre d'une sphère est de 42 pouces, quelle sera la surface d'une zone ABD dont la hauteur CD est de 9 pouces ?

$2 \times 3.1416 = 131,9472$ pcs, cir.
9 hauteur.

1187,5248 surface en pouces carrés.

PROBLÈME IX

Volume de la sphère

Règle.—Multipliez la circonférence par le carré du diamètre ; le $\frac{1}{6}$ du produit sera la réponse.

Ou bien, multipliez le cube du diamètre par la valeur décimale .5236 ; le produit exprimera le volume de la sphère.

Ex.—Quel est le volume d'un globe dont le diamètre est de 12 pouces ?

$12^2 \times 3.1416 = 452,3904$ pouces carrés, surface du globe.
$(452,3904 \times 12) \div 6 = 904,78$ pouces cubes.

Ou bien, $12^3 = 1728$.
$1728 \times .5236 = 904,78$ pouces cubes.

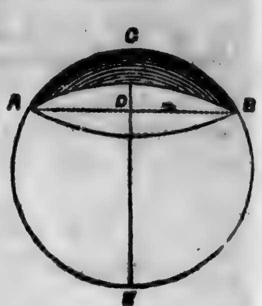
Nota.—.0,5236 est la sixième partie de 3,1416, de même que 0,7854 est le quart de 3,1416.

PROBLÈME X

Volume du segment sphérique.

RÈGLE.—A trois fois le carré du rayon AB, ajoutez le carré de la hauteur BC, multipliez la somme par la hauteur, et le produit par .5236.

FIG. 45



Ex.—Quel est le volume d'un segment sphérique ABC dont la hauteur DC est de 8 pieds, et le diamètre CE de la base, de 14 pieds ?

$$7^2=49$$

$$49\times 3=147$$
$$8^2=64$$

$$211\times 8=1688$$

$$1688\times .5236=833,836 \text{ pieds cubes.}$$

NOTA.—Si le diamètre de la base du segment n'est pas connu, mais si le diamètre de la sphère et la hauteur du segment sont connus, l'opération se fait comme suit :

RÈGLE.—De trois fois le diamètre de la sphère soustrayez deux fois la hauteur du segment, multipliez le reste par la hauteur du segment, et le produit par .5236.

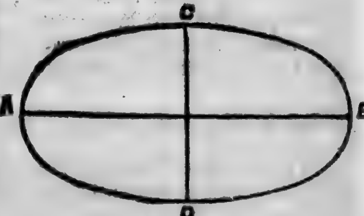
PROBLÈME XI

Volume d'un sphéroïde ou ellipsoïde.

Règle.—S'il s'agit de l'ellipsoïde plat, multipliez le petit axe par le carré du grand, et le résultat par .5236.

S'il s'agit de l'ellipsoïde long, multipliez le grand axe par le carré du petit, et le résultat par .5236.

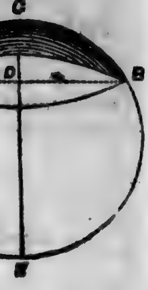
FIG. 46



Ex.—Quel est le volume de l'ellipsoïde plat et de l'ellipsoïde long, les axes étant respectivement 30 et 20 ?

$$30^2=900$$
$$900\times 20=18\,000$$
$18\,000\times .5236=9\,425$ unités cubes (ellipsoïde plat).

$$20^2=400$$
$$400\times 30=12\,000$$
$12\,000\times .5236=6\,283$ unités cubes (ellipsoïde long).

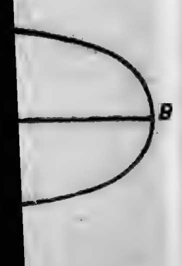


'est pas connu,
n segment sont

ère soustrayez
este par la hau-

ez le petit axe

nd axe par le



long).

Conoïdes paraboliques, fuseaux.

PROBLÈME XII

Volume d'un conoïde parabolique.

Règle.—Multipliez le carré du diamètre de la base par la hauteur et le produit par .3927(qui est la $\frac{1}{2}$ de .7854) ; le résultat exprimera le volume.

Fig. 47

Ex.—Quel est le volume d'un conoïde parabolique, dont la hauteur PF est 60, et le diamètre CD de la base, de 100 pouces ?

$$100^2 = 10\ 000$$
$$10\ 000 \times 60 \times .3927 = 235\ 620$$

PROBLÈME XIII

Volume des conoïdes paraboliques tronqués.

Règle.—Multipliez la somme des carrés des diamètres AB et CD des deux bases par la hauteur EF du tronc, et le produit par .3927 (la $\frac{1}{2}$ de .7854) ; le résultat exprimera le volume.

Ex.—Quel est le volume d'un tronc de conoïde parabolique ABCD, dont le diamètre CD est 54, le diamètre AB 28, et la hauteur EF 18 pouces ?

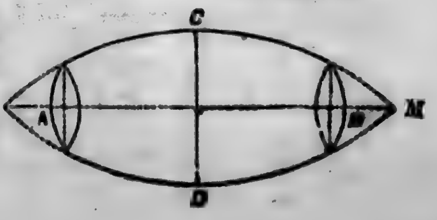
$$54^2 = 2916$$
$$28^2 = 784$$
$$\overline{3700}$$
$$3\ 700 \times 18 \times .3927 = 26\ 153{,}827$$

PROBLÈME XIV

Volume d'un fuseau parabolique

RÈGLE.—Multipliez le carré du diamètre CD du milieu, par la longueur LM, et le produit par .418 88 (ou $\frac{8}{15}$ de .7854); le résultat exprimera le volume.

Fig. 48



Ex. Trouvez le volume d'un fuseau parabolique LM CD, si LM est 100 et le diamètre CD 40.

$$40^2 = 1600$$
$$1600 \times 100 \times .41888 =$$
67 020,8 Réponse.

PROBLÈME XV

Volume d'un tronc de fuseau parabolique tronqué aux deux bouts, à égale distance du centre.

RÈGLE.—Additionnez 8 fois le carré du grand diamètre CD avec trois fois le carré du petit et 4 fois le produit des diamètres ; multipliez cette somme par la longueur AB, et le produit par ,05236 ($\frac{1}{60}$ de 3,1416) ; le résultat exprimera le volume.

Ex.—Quel est le volume d'un tronc de fuseau parabolique dont la longueur AB est 60, le diamètre CD 40, et le diamètre des bouts 30 pouces ?

$$\overline{40}^2 = 1600 \times 8 = 12\,800 \qquad \overline{30}^2 = 900 \times 3 = 2\,700$$

$$12\,800 + 2\,700 = 15\,500 \qquad 30 \times 40 \times 4 = 4\,800$$

$$15\,500 + 4\,800 = 20\,300$$

$$20\,300 \times 60 \times .05236 = 63\,774.41$$

PROBLÈME XVI

Volume du tore ou anneau cylindrique

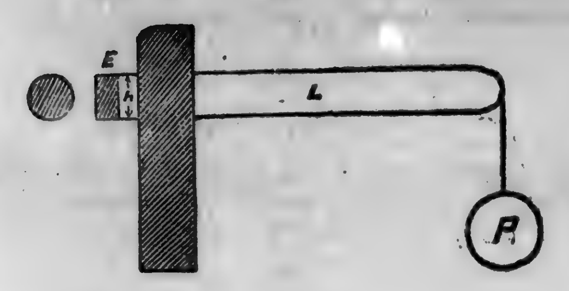
RÈGLE.—Ajoutez au diamètre intérieur l'épaisseur de l'anneau ; multipliez la somme par le carré de l'épaisseur, et le produit par 9.870 (carré de 3,1416).

Ex.—Trouvez le volume d'un anneau d'ancre, dont le diamètre intérieur est 8 pouces, et l'épaisseur 3 pouces ?

$3 \times 8 = 11$
$3 \times 3 = 9$, carré de l'épaisseur.
$11 \times 9 = 99$
$99 \times 9.870 = 977.13$, volume.

Force des Poutres

En admettant que le maximum de la tension, pour le fer, soit de 51 520 lbs au pouce carré, quelle doit être la hauteur d'une poutre en fer à son point d'appui dans un mur, si l'épaisseur est 3 pouces, et la longueur 66 pouces, pour supporter à l'extrémité un poids de 2 tonnes de 2240 lbs, comme dans la figure suivante ?



Formule. $\frac{teh^2}{6} = PL$

P. . poids,
L . . longueur du levier,
e. . épaisseur,
h. . hauteur, en pouces,
La tension ou force de rupture est représentée par t

$$\text{Ainsi,}\quad \frac{\overset{t}{51\,520} \times \overset{e}{3} \times h^2}{6} = 4\,480 \text{ lbs} \times 66$$

$$25\,760 \times h^2 = 295\,680$$

$$295\,680 \div 25\,760 = 11.47 \quad h^2$$

$$\sqrt{11.47} = 3.38 \text{ pouces} \;.\; h$$

Quelle doit être l'épaisseur d'un levier en fer, à son point d'appui, pour supporter $1\frac{1}{2}$ tonne, la longueur du bras étant de 18 pouces, et la hauteur $2\frac{1}{4}$ pouces ?

$$\frac{51\,520 \times e \times 2\frac{1}{4}^2}{6} = 3\,360 \times 18$$

$$43\,480 \times e = 60\,480$$

$$e = 1.39 \text{ pouce.}$$

Quelle sera la force, au pouce carré de section, sur une poutre en fer, de 56 pouces de longueur, 3 pcs d'épaisseur et 5 pcs de hauteur, supportant un poids de 5 000 à l'extrémité ?

$$\frac{t \times 3 \times 5^2}{6} = 5\,000 \times 56 \qquad t \times 12{,}5 = 280\,000$$

$$t = 22\,400 \text{ lbs.}$$

Ce poids est trop grand pour qu'on puisse travailler avec sûreté ; alors il faut prendre la poutre plus courte ou à un point plus rapproché du mur.

Quelle doit être la longueur de cette poutre pour qu'elle ait à supporter 8 000 lbs seulement au pouce carré ?

$$\frac{8\,000 \times 3 \times 5^2}{6} = 5\,000 \times L$$

$$100\,000 = 5\,000 \times L \qquad L = 20 \text{ pouces}$$

Si la poutre ne peut être raccourcie, il faudra la charger d'un poids moindre.

Quel devrait être le poids chargeant cette poutre, pour que la tension n'excédât pas 8 000 au pouce carré ?

$$\frac{8\,000 \times 3 \times 5^2}{6} = P \times 56$$

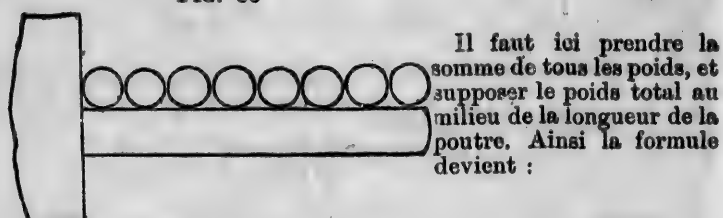
$$P = 100\,000 \div 56 = 1785\tfrac{5}{7} \text{ lbs}$$

Si la section de la poutre est un cercle au lieu d'un rectangle (comme à la figure 85), alors l'épaisseur et la hauteur sont égales, et $e \times h^2$ devient $h \times h^2$ ou h^3. La formule prend la forme suivante :

$$\frac{th^3}{6} = PL$$

Maintenant, supposons qu'au lieu d'être placé à l'extrémité, le poids soit étendu sur toute la longueur, comme l'indique la figure suivante.

Fig. 86

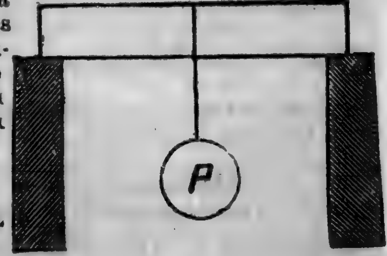


Il faut ici prendre la somme de tous les poids, et supposer le poids total au milieu de la longueur de la poutre. Ainsi la formule devient :

$$\frac{teh^2}{6} = \tfrac{1}{2}PL \quad \text{ou} \quad \frac{teh^2}{3} = PL$$

Il faut donc diviser par 3 et non par 6.

Fig 87



Dans la figure suivante, la poutre est supportée par les deux bouts, et le poids se trouve au milieu. Le point de rupture serait au milieu ; donc le levier est égal à la ½ distance entre les points d'appui.

Formule

$$\frac{teh^2}{6} = \tfrac{1}{2}P.\tfrac{1}{2}L^{*} \quad \text{ou} \quad \frac{teh^2}{1{,}5} = PL$$

* Le point, employé dans les formules, indique la multiplication ; ainsi ½P.½L signifie ½P multiplié par ½L.

Lorsque la poutre est solidement arrêtée aux deux bouts, comme dans la figure suivante, voici la formule :

Fig. 88

$$teh^2 = PL$$

Mais lorsque le poids est étendu sur toute la longueur, on a la formule :

$$2\,teh^2 = PL$$

Table des poids que peuvent supporter avec sécurité les corps ci-dessous par pouces carrés de section.

Fer	8 586 lbs.	Epinette	1 556 lbs.
Fonte	5 152 "	Hêtre	1 456 "
Bronze	2 688 "	Pin rouge	1 456 "
Chêne africain	2 464 "	Cèdre du Liban	1 456 "
Frêne américain	1 792 "	Cyprès	1 344 "
Teak et frêne anglais	2 128 "	Cèdre des Antilles	1 344 "
Merisier	1 904 "	Pin Blanc	1 120 "
Chêne anglais	1 680 "	Orme	784 "
Mahogany	1 680 "		

Ouvrages d'entrepreneur

L'ouvrage se mesure de différentes manières, savoir :

1° Maçonnerie, à la toise carrée avec épaisseur de 2 pieds ;
2° Peinture, plâtrage, pavage, etc., par verge carrée ;
3° Planchers, cloisons, toiture, etc., par pied carré ;
4° Ouvrages en briques, par 1000 briques, ou par pied cube.

BRIQUES

L'ouvrage en briques est estimé a 1½ brique d'épaisseur. Si un mur se trouve avoir plus ou moins que l'épaisseur conventionnelle, il peut être réduit comme suit :

Règle.—Multipliez la superficie du mur par le nombre de demi-briques que contient l'épaisseur ; le tiers du produit sera le nombre cherché.

Règle approximative mise en usage très souvent, comme suit :

Le nombre de pieds cubes d'un mur divisé par 22.5, égale le nombre de briques.

BRIQUES ET LATTES

Dimensions

15 briques communes au pied cube, pour mur de 8 pouces
22½ " " " " " 12 "
30 " " " " " 16 "
37½ " " " " " 20 "

Les lattes sont de ¼ à ½ pouce d'épaisseur sur 4 pieds de longueur, et généralement posées à ¼ de pouce de distance ; le paquet est de 100 lattes.

Brique blanche de Stourbridge 9⅛ sur 4⅝ et 2⅝ pouces.

Un paquet de lattes et 500 clous couvriront 4½ verges carrées.

Ex.—Combien faut-il de briques pour une bâtisse de 30 pieds en carré, 20 pieds de hauteur 12 pouces d'épaisseur, le pignon triangulaire étant haut de 12 pieds, et ayant une épaisseur de 8 pouces ?

30 × 6 = 180 . . 1 pignon
30 × 6 = 180 . . "

360 × 15 = ... 5 400 — 5 400

30 + 30 = 60 murs des côtés
30 + 30 = 60 " " bouts

120
20 . . hauteur

2400 × 22,5 = — 54 000

59 400 briques.

EXCAVATION

24 pieds cubes de sable, 17 pieds cubes de glaise, 18 pieds cubes de terre, 13 pieds cubes de craie, correspondent à 1 tonne pour chaque espèce ; 1 verge cube de terre tassée occupe 1½ verge après avoir été remuée, et contient 21 minots, un voyage ordinaire.

Poids d'un pied cube des substances communes.

Sable tassé	112,5	livres
" remué	65	"
Terre	93	"
Sol commun	124	"
" très fort	127	"
Glaise	120 à 136	"
Glaise et pierre	160	"
Pierre commune	158	"
Brique	119	"
Granit	169	"
Marbre	166 à 162	"
Une verge cube de sable pèse	3 037	"

CIMENT HYDRAULIQUE

La construction d'un mur en briques, de 5½ verges en carré, exige 1½ verge cube de chaux de craie, et 3 verges cubes de sable mouvant ; ou 1 verge cube de chaux de pierre, 3½ voyages de sable ; ou 36 minots de ciment et 36 minots de sable.

Un voyage de mortier est de 27 pieds cubes, et prend pour le préparer 9 minots de chaux et une verge cube de sable ; la chaux et le sable diminuent de ⅓ en volume lorsqu'on fait le mortier.

Ainsi que le ciment et le sable, l'eau requise pour faire le mortier est ⅓ du volume.

Un quart de ciment est de 5 minots et pèse 3 quintaux.

Un minot de ciment couvrira 1¼ verge carrée d'un pouce d'épaisseur ;

ou 1½ verge carrée de ¾ pouce d'épaisseur
ou 2¼ " " " ½ " "

Une toise cube de pierre a 6 pieds de long, 6 pieds de large et 6 de hauteur.

Une toise cube de pierre fait 2 toises de maçonnerie.

TOISÉ DE LA MAÇONNERIE

RÈGLE.—Trouvez le volume d'un mur en pieds cubes, et divisez par 72, le quotient est le nombre de toises de maçonnerie.

L'ouvrage des plâtriers se mesure généralement à la verge carrée pour les murs et plafonds, mais les moulures et ornements se mesurent au pied linéaire.

SCIAGE DU BOIS

Le sciage du bois se mesure par 100 *pieds carrés*

RÈGLE.—Si la pièce est un plançon, multipliez la largeur au milieu par la longueur, multipliez le résultat par le nombre de traits de scie, et divisez par 100.

Ex.—Combien y a-t-il de pieds carrés de sciage dans un plançon de 50 pieds de longueur sur 15 pouces de largeur, le nombre de traits étant 10 ?

$50 \times 1,25 \times 10 = 625$ pieds carrés.

Lorsque la fraction de pied, changée en décimales, devient périodique, on peut opérer comme suit :

$50 \times 15 \times 10 = 7500 \qquad 7500 \div 12 = 625$

TOISAGE DE LA PLANCHE

La planche de toise a trois dimensions :
1° 10 pds sur 10 pouces
2° 8 pds sur 12 pouces ;
3° 12 pds sur 8 pouces.

Toisé de la planche 10 sur 10 :—Multipliez la longueur par la largeur en pouces, et divisez le produit par 100.

Pour déterminer les plus grosses et les plus fortes pièces qu'on puisse tirer d'un arbre

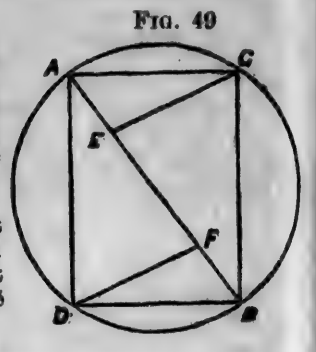
RÈGLE 1.—Multipliez le diamètre par ,7071 pour obtenir le plus grand carré contenu dans la section.

Ex.—Quelle est la plus grande pièce carrée qui puisse être retirée d'un arbre de 40 pouces de diamètre.

$40 \times ,7071 = 28,084$ pouces carrés

Pour trouver la pièce rectangulaire la plus forte d'une pièce ronde.

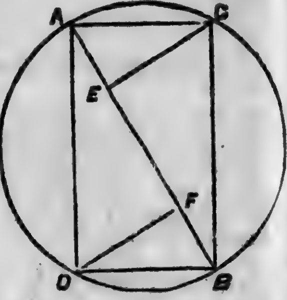
FIG. 49



RÈGLE.—Divisez le diamètre AB en trois parties égales, AE, FE, FB : menez à AB les perpendiculaires DF et CE ; ensuite tracez AC, AD, BC, BD ; ABCD est la section de la pièce la plus forte.

Nota.—S'il s'agissait seulement d'avoir la pièce quadrangulaire du plus grand volume possible, ce serait celle dont la section serait le carré inscrit dans la section circulaire.

Pour trouver la pièce la plus rigide comme poutre



RÈGLE.—Divisez le diamètre en quatre au lieu de trois, et achevez le tracé, comme dans la figure suivante.

Nota.—Les poutres des maisons doivent avoir, en hauteur, la 18e partie de leur portée ; et la largeur doit être les 2 tiers de la hauteur.

Pour trouver le volume du bois rond

1° *Lorsque toutes les dimensions sont en pieds:*
Règle. —Multipliez la longueur par $\frac{1}{4}$ de la circonférence moyenne ; le produit sera le volume en pieds cubes.
2° Lorsque la longueur est en pieds et la circonférence en pouces:
Règle. —Multipliez comme ci-devant, et divisez par 144.
3° Lorsque toutes les dimensions sont en pouces :
Règle.—Multipliez comme en premier lieu, et divisez par 1728.

Pour le bois carré.

Toutes les dimensions étant données en pieds :
Règle.—Le produit de la largeur par l'épaisseur, multiplié par la longueur, est égal au volume en pieds cubes.
Lorsque deux des dimensions sont en pouces :
Règle.—Multipliez comme dans le cas précédent, et divisez par 144.
Lorsqu'une des dimensions est en pouces, opérez comme dans les cas précédents, et divisez par 12.

Les couvreurs mesurent leur ouvrage par carrés de 10 pieds ; ou 100 pieds carrés.

Ex.—Combien de carrés contient un toit de 50 pieds de long, avec une pente de 26 pieds ?

$$50 \times 26 \times 2 = 2600 \text{ ; et } 2600 \div 100 = 26 \text{ carrés.}$$

Une boite de bardeaux couvre généralement 80 pieds carrés.

Ex.—Combien de bardeaux faut-il pour couvrir 26 carrés.

$$26 \times 100 = 2600 \text{ ; et } 2600 \div 80 = 32\tfrac{1}{2} \text{ boites.}$$

La mesure de l'ouvrage des peintres se fait à la verge carrée.

Ex.—Combien de verges carrées dans une chambre dont les 4 pans et le plafond ont une superficie de 1737 pieds ?

$$1737 \div 9 = 193 \text{ verges carrées.}$$

TABLE

Montrant la capacité des citernes cylindriques, en gallons et en barriques, a 6¼ gallons au pied cube.

Capacité en gallons		Capacité en barriques de 63 gallons par barrique.								
Diam. en pds	hauteur 1 pd	pieds 6	pieds 7	pieds 8	pieds 9	pieds 10	pieds 11	pieds 12	pieds 13	pieds 14
3	44.175	4.2	4.8	5.5	6.3	7.0	7.7	8.3	9.0	9.8
3½	60.13	5.7	6.6	7.6	8.5	9.5	10.4	11.4	12.3	13.3
4	78.3	7.4	8.7	10.0	11.2	12.5	13.6	15.0	16.0	17.5
4½	99.375	9.4	10.8	12.6	14.2	15.8	17.4	18.9	20.5	22.0
5	122.687	11.7	13.7	15.6	17.6	19.5	21.5	23.4	25.4	27.3
5½	148.437	14.0	16.3	18.7	21.0	23.5	25.7	28.0	30.0	32.6
6	176.687	16.8	19.4	20.2	25.0	27.8	30.6	33.4	36.0	39.0
6½	207.47	19.8	23.0	26.0	29.4	32.4	36.0	39.2	42.5	45.7
7	240.5	23.5	27.0	30.8	33.6	38.5	42.3	46.0	50.0	53.8
7½	276.062	26.3	30.6	35.0	39.4	43.8	48.2	52.5	57.0	61.2
8	314.125	29.9	34.9	39.9	44.9	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0
8½	354.625	33.8	39.4	45.0	50.5	56.2	62.0	67.4	73.0	77.8
9	398.	38.0	44.3	50.5	57.0	63.0	69.8	76.0	82.3	98.5
9½	443.0	42.0	49.2	56.0	63.0	70.0	77.2	84.3	91.2	96.5
10	490.875	46.6	53.5	62.2	70.0	78.0	85.5	93.5	100.5	109.0
11	593.937	56.5	66.0	75.4	85.0	94.5	102.8	113.0	122.2	132.0
12	707.25	67.2	78.5	90.0	110.5	112.0	123.5	133.8	146.0	156.8

Nota. La capacité de la barrique de 63 gallons de 282 pouces cubes, donne la réponse en moins : mais pour changer cette mesure en gallons du Canada, multipliez le nombre de barriques par 1.017 ; le produit sera en mesure du Canada.

Explications pour se servir de la table précédente.

Trouvez le diamètre dans la première colonne à gauche ; suivez la même ligne vers la droite jusqu'au-dessous de la hauteur désignée ; ce nombre sera la réponse en barriques. Ainsi, pour trouver la capacité d'une citerne en barriques, le diamètre étant de 8½ pieds, et dix pieds de hauteur, vis-à-vis de 8½ et directement au-dessous de 10, sur la même ligne, est 55.2 pour réponse.

Règles approximatives pour calculer les capacités.

Pour trouver le nombre de gallons contenus dans une citerne carrée ou rectangulaire.

Règle.—Multipliez la capacité de la citerne en pieds cubes, par 6,25 (pour mesure de bière par 6,127), ou le contenu en pouces par .003617 (pour mesure de bière par .00353) ; le produit sera très approximativement la réponse en gallons.

Le gallon de New-York est contenu 7.812. fois dans le pied cube.

Ex.—Quelle est la capacité d'une citerne longue de 6 pieds, large de 4 pieds ½, et profonde de 4 pieds ?

6 × 4,5 × 4=108 pieds cubes
108 × 6,25=675 gallons=10,373 barriques.

Ou bien : 6 pds=72 pouces ;
4½ pds=54 pouces ;
4 pds=48 pouces
Alors, 72 × 54 × 48=186 624
186 624 × .003 617 =675 gallons.

Lorsque deux dimensions d'une citerne carrée ou rectangulaire sont connues, pour trouver la troisième, de manière à obtenir une capacité donnée en gallons, mesure de vin ou toute autre :

Règle.—Multipliez le produit des dimensions connues, par le multiplicateur correspondant à la mesure demandée, et divisez le nombre de gallons que la citerne doit contenir par le produit des multiplications précédentes : le quotient sera la troisième dimension.

Nota. Pour trouver la capacité des vases de forme irrégulière, voyez les problèmes ci-devant mentionnés.

Ex.—Trouvez la profondeur d'une citerne qui contiendra 1260 gallons de New-York, la longueur étant de 6 pieds, et la largeur de 4½ pds ?

6 × 4,5 × 7,812 = 210,92
1260 ÷ 210,92 = 5,97 pieds de profondeur.

CAPACITÉ D'UN TONNEAU

Règle—Ajoutez. à deux fois le carré du diamètre du bouge, le carré du diamètre d'un des bouts ; et multipliez cette somme par

le $\frac{1}{3}$ de la longueur, et le produit par .003 617 pour mesure du Canada, par .00353 pour le gallon de New-York, ou par .0034 pour le vieux gallon anglais.

Ex.—Quelle est la capacité d'un tonneau de 40 pouces au bouge, le bout ayant 32 pouces de diamètre, et la longueur étant de 42 pouces ?

$$(40^2 \times 2) + (32^2 \times 14) = 59\,136$$
$$59\,136 \times .003617 = 213{,}895 \text{ gallons.}$$

Pouvoir ou puissance mécanique.

On appelle *moteur* tout agent, toute cause capable d'imprimer le mouvement à un corps.—Exemples : un cheval tirant une voiture, un ressort faisant aller une montre, un poids faisant aller une horloge, un courant électro-magnétique faisant aller un appareil télégraphique.

Chaque moteur est le siège d'une *force*, et c'est en exerçant un *effort* de *traction* ou de *pulsion* que le moteur imprime le mouvement à un corps.

On constate, dans la nature, quatre espèces de *moteurs*, et par suite quatre espèces de *forces*, savoir :

Les *forces musculaires*, dans les hommes et les animaux ;
Les *forces moléculaires*, dans les ressorts et la vapeur ;
Les *forces de gravitation*, dans les poids et les chutes d'eau ;
Les *forces électriques*, dans les courants.

Les exemples donnés plus haut pour les moteurs répondent à ces quatre variétés.

Les unités de poids servent aussi *d'unités pour les efforts*.

Le mouvement se mesure par le *déplacement* du corps qui reçoit l'action de l'effort ; on exprime, à l'aide des unités de longueur, le *chemin parcouru* sous l'influence de l'effort. Le corps mis en mouvement est appelé *mobile*.

Le produit de l'effort exercé par le chemin parcouru constitue le *travail mécanique* du moteur.

On nomme *vitesse d'un mobile*, le chemin que ce mobile est capable de parcourir en une seconde.

Le produit de l'effort par la vitesse exprime la *puissance mécanique* du moteur : c'est le travail qu'il est capable de produire par seconde.

Une *machine* est un appareil quelconque capable de recevoir le travail d'un moteur, et de le transmettre ou de l'appliquer à [illegible] doit en subir l'action. Les machines ne créent donc [illegible] vail, elles le reçoivent et le transmettent.

[illegible] rt de la Mécanique consiste dans l'emploi d'un *pouvoir* [illegible] d'u[illegible] *puissance* pour vaincre une *résistance*. Par exemple, un [illegible]ids à soulever est une résistance à vaincre, le bras qui le soulève est une puissance.

La puissance et la résistance peuvent être considérées comme deux forces agiss[illegible]t l'une sur l'autre : par exemple, le bras tire le poids pour le so[illegible]ever, et le poids tire le bras ; de même, si l'on presse un ressort [illegible]e un doigt, le doigt pousse le ressort, et le

ressort pousse le doigt. Ces efforts réciproques constituent ce qu'on nomme l'*action* et la *réaction*.

Quand il y a égalité entre la puissance et la résistance, alors il y a *équilibre* et pas de mouvement ; mais si la puissance est plus grande que la résistance, l'équilibre cesse, et le mouvement se produit.

La puissance d'un moteur ne peut être augmentée par aucun moyen mécanique, par aucun appareil, mais on peut l'utiliser d'une manière plus ou moins complète.

Il n'est pas donné à l'homme de créer des pouvoirs mécaniques, mais simplement de faire des applications plus ou moins ingénieuses des puissances mécaniques mises à sa disposition par le Créateur.

Trois appareils principaux sont employés pour utiliser la puissance musculaire de l'homme et des animaux, savoir : le *levier*, le *plan incliné*, la *poulie*.

La *poulie* est un levier tournant autour d'un axe : le *coin* est un double plan incliné ; la *vis* est un plan incliné circulaire.

LE LEVIER

Le *levier* est une barre droite ou courbe, censée inflexible et sans poids.

Le levier repose sur un *point d'appui*, comme centre du mouvement, cette barre peut tourner librement autour de ce point, qu'on appelle *fulcrum*.

Outre ce point, qui est fixe, il faut encore considérer le point d'application de la *puissance*, et le point d'application de la *résistance*. Le levier présente trois cas, suivant celui de ces trois points qui se trouve entre les deux autres.

Levier du premier genre.

Quand le *fulcrum* ou point d'appui est entre la puissance et la résistance.

RÈGLE.—1° Divisez le poids à soulever par l'effort applicable ; le quotient sera le rapport des deux *bras* du levier, c'est-à-dire des distances du point d'appui aux deux autres points.

2° Multipliez le poids par sa distance au fulcrum, et divisez le produit par la puissance, le quotient sera la distance du fulcrum au point d'application de la puissance.

Ex. 1—Un poids de 1440 livres, doit être levé par une force de 70 livres ; quelle est la longueur du bras le plus long du levier, le plus court étant de 1 pied ?

$$\frac{1440 \times 1}{70} = 20\tfrac{4}{7} \text{...longueur du grand bras}$$

Preuve $1440 \times 1 = 1440$
$70 \times 20\tfrac{4}{7} = 1440$

Ex. 2.—Un poids de 680 livres est placé à 18 pouces du fulcrum d'un levier ; quelle force faudra-t-il pour lever ce poids, si la longueur du grand bras du levier est égale à 11 pieds ?

$$\frac{680 \times 18}{132} = 92.72 \text{ lbs}$$

2me Cas.

Quand le fulcrum est à une extrémité du levier, et le pouvoir ou le poids à l'autre.

Règle.—La distance entre le pouvoir et le fulcrum, est à la distance entre le poids et le fulcrum, comme l'effet est au pouvoir.

Ex. 1.—Quelle pouvoir lèvera 1500 lbs, le poids étant à 6 pieds de distance, et à 3 pieds du fulcrum ?

$$6+3=9$$

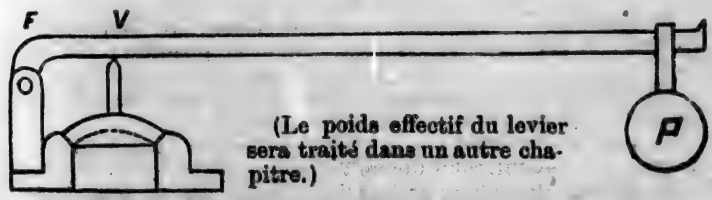
Donc 9 : 3 :: 1500 : 500 livres....réponse.

Ex. 2.—Un poids de 2240 lbs doit être levé avec un levier de 12 pieds de long, le fulcrum étant à 1 pied du poids ; quel poids faut-il à l'autre extrémité du levier pour faire l'équilibre ?

$$12-1=11$$

$$11 : 1 :: 2240 : X = 221{,}818 \text{ lbs.}$$

Fig. 51



(Le poids effectif du levier sera traité dans un autre chapitre.)

L'application du levier aux soupapes de sûreté nécessite souvent de longs calculs ; afin de faciliter les opérations, nous donnons la règle générale suivante, pour déterminer les relations du pouvoir au poids : le pouvoir multiplié par sa distance au fulcrum, est égal au poids multiplié par sa distance au fulcrum.

Les formules algébriques suivantes montrent immédiatement quelles opérations il faut faire pour résoudre les différents problèmes.

Supposons que P répresente le pouvoir
" " W " le poids
" " p " la distance de P au fulcrum
" " w " " " W " "

Alors nous aurons les formules suivantes :

$$P : W :: w : p \quad \text{ou} \quad Pp = Ww$$

$$W = \frac{Pp}{w} \qquad P = \frac{Ww}{p} \qquad p = \frac{Ww}{P} \qquad w = \frac{Pp}{W}$$

FORMULES POUR SOUPAPES DE SURETÉ

P.... pression au pouce carré
W.... poids
L.... levier
F.... distance du fulcrum au centre de la valve
A.... aire de la valve
D.... diamètre
p.... poids du levier
v.... poids de la valve

On a :

$$\frac{LW}{FA}=P \qquad \frac{LW}{PF}=A \qquad \frac{PAF}{L}=W \qquad \frac{WL}{PA}=F$$

$$\frac{PAF}{W}=L \qquad \sqrt{A\div.7854}=D$$

(NOTA. Le signe de la multiplication est sous-entendu entre deux lettres consécutives.)

EXPLICATION.

Le produit du levier par le poids, divisé par le produit de l'aire de la valve par le fulcrum, donne la pression : $LW\div FA=P$.

(Il est entendu ici par le mot fulcrum, la distance FV, ou la distance du fulcrum au centre de la valve.)

Le produit du levier par le poids, divisé par le produit de la pression par le fulcrum, donne l'aire de la valve : $LW\div PF=A$.

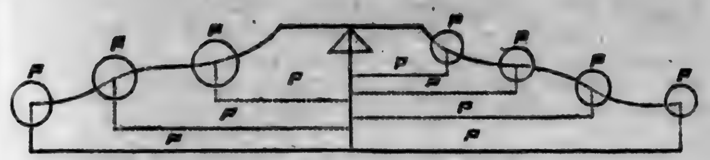
Le produit du levier par le poids, divisé par le produit de la pression par l'aire de la valve, donne le fulcrum, ou la distance du fulcrum à la valve: $LW\div PA=F$

Le produit de la pression par l'aire de la valve et par le fulcrum, divisé par le poids, donne la longueur du levier : $PAF\div W=L$

Lorsqu'à un même bras du levier sont appliqués plusieurs pouvoirs représentés par P, P', P'', et leurs distances au fulcrum représentées par p, p', p'', si les poids, sur le bras opposé, sont représentés par W, W', W'', W''', et leurs distances au fulcrum représentées par w, w', w'', w''', il y aura équilibre quand la somme des produits des pouvoirs par leurs distances respectives au fulcrum, sera égale à la somme des produits des poids par leurs distances respectives au fulcrum, comme suit :

$$Pp+P'p'+P''p''=Ww+W'w'+W''w''+W'''w'''$$

Si les bras du levier ne sont pas droits et également courbés, les distances p et w se mesurent horizontalement entre les perpendiculaires, comme suit :



Dans cette formule le poids du levier n'est pas pris en considération.

De la roue et du tour ou treuil

Levier perpétuel.

Le principe de la *roue* et du *tour* ou *treuil*, est analogue à celui du levier, et peut être considéré comme second dans l'ordre des pouvoirs mécanniques.

La roue est quelquefois remplacée par une simple *manivelle*.

Le principe de la roue est ceci : le rayon de la roue ou de la manivelle est au rayon du treuil, comme le poids est au pouvoir.

1er cas

Pour trouver le poids qui peut être levé par un pouvoir donné, lorsque le rayon de la roue et le rayon du treuil ou du tambour sont connus :

Règle.—Multipliez le pouvoir appliqué au périmètre de la roue par son rayon, et divisez par le rayon du treuil ou du tambour ; le quotient sera le poids que pourra supporter le pouvoir, si l'on fait abstraction du frottement.

Ex.—Quel est le poids qui peut être levé par un pouvoir de 50 lbs, appliqué au périmètre d'une roue de 2½ pieds de rayon, le rayon du tambour qui lève le poids étant de 12 pouces de diamètre ?

2½ pieds font 30 pouces ; $(50 \times 30) \div 6 = 250$ livres.

2e cas

Quand le poids à lever, le diamètre de la roue et celui du tambour sont connus, trouver le pouvoir nécessaire pour lever le poids.

Règle.—Multipliez le poids qui doit être levé par le rayon du treuil ou tambour, et divisez le produit par le rayon de la roue.

Ex.—Quel est le pouvoir qui lèvera 500 lbs par un treuil de 12 pouces, et une roue de 50 pouces de diamètre ?

$(500 \times 6) \div 25 = 120$ lbs de pouvoir.

PLAN INCLINÉ

Quand un pouvoir agit, parallèlement au plan, sur un corps situé sur un plan incliné, de manière à tenir le corps immobile, alors le poids, le pouvoir, et la pression sur le plan, sont entre eux comme la longueur, la hauteur, et la base du plan ; c'est-à-dire que

Le poids est à la longueur du plan,
Comme le pouvoir est à la hauteur,
Comme la pression sur le plan est à la base.
Ces rapports s'expriment par les formules suivantes :

Supposons	W	représentant	le poids.
"	P	"	le pouvoir.
"	l	"	la longueur du plan
"	h	"	la hauteur
"	p	"	la pression sur le plan.
"	b	"	la base du plan.

On a : $P = \frac{Wh}{l}$ $W = \frac{Pl}{h}$ $p = \frac{Wh}{b}$

Voici le principe : la longueur du plan incliné est à la hauteur, comme le poids est au pouvoir.

1er Cas

La longueur d'un plan incliné étant connue, pour trouver le *poids* que pourra supporter un pouvoir donné.

Règle.—Multipliez le pouvoir par la longueur du plan, et divisez le produit par la hauteur ; le quotient sera le poids supporté par le pouvoir.

Ex.—La longueur d'un plan incliné étant de 30 verges, et la hauteur de 4 verges, quel sera le poids que pourra supporter un pouvoir de 50 lbs ?

$$(50 \times 30) \div 4 = 375 \text{ livres.}$$

$$\text{Ou} \quad \overset{h}{4} : \overset{l}{30} :: \overset{P}{50} : \overset{W}{x} = 375$$

Ex. 2.—Quel est le pouvoir nécessaire pour lever 1280 lbs sur un plan incliné de 8 pieds de long et 5 pieds de haut ?

$$8 : 5 :: 1280 : 800 \text{ lbs de pouvoir.}$$

Pour trouver la *longueur* du plan incliné quand la base et la hauteur sont connues, ou trouver un côté lorsque les deux autres sont connus :

Règle 1°.—Pour avoir la longueur de la base, soustrayez le carré de la hauteur du carré de la longueur du plan incliné ; la racine carrée de la différence sera la longueur de la base.

2°. Pour avoir la longueur du plan incliné, extrayez la racine carrée de la somme des carrés des deux autres côtés, cette racine sera la longueur du plan incliné, laquelle longueur n'est autre que *l'hypoténuse* d'un triangle rectangle.

3°. Pour avoir la *hauteur*, soustrayez le carré de la base du carré de la longueur ; la racine carrée du reste sera la hauteur.

Nota.—Un *coin* n'est autre chose qu'un double plan incliné ; vu par bout, le coin présente la forme d'un triangle isocèle ; alors la règle pour les triangles (sect 1, probl. 11) a ici son application.

Ex. Si la hauteur d'un plan incliné est de 18 pieds, la longueur de 85 pieds, quel sera la longueur de la base, et quel sera la pression sur la base, s'il y a 800 lbs sur le plan ?

$85^2 - 18^2 = 6901$ $\sqrt{6901} = 83.07$

$(800 \times 83.07) \div 85 = 781.83$ livres de pression sur la base.

2me Cas.

Si deux masses sur deux plans inclinés se tiennent en équilibre l'une l'autre par un lien passant sur une poulie, leurs poids sont l'un à l'autre comme les longueurs des plans.

Ex. Si un poids de 60 lbs est soutenu sur un plan incliné de 8 pieds d'élévation et 80 de base, par un autre poids placé sur un plan incliné opposé, de 9 pieds d'élévation et 81 de base, quelle est l'expression du dernier poids ?

80 : 81 :: 60 : $60\frac{3}{4}$ lbs

LE COIN

Le *coin* est un solide plein et dur, ayant la forme d'un prisme triangulaire; il est en bois ou en fer, et est généralement employé pour diviser le bois ou la pierre, ou pour soulever des poids ; dans la plupart des cas, il faut une ouverture par laquelle on puisse l'introduire.

Les circonstances dans lesquelles le coin est appliqué sont telles qu'il est très difficile de déterminer son pouvoir.

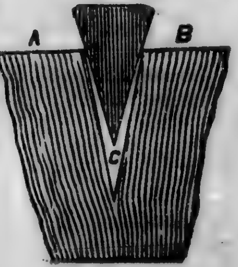
L'avantage qu'a le coin sur tous les autres agents mécaniques, est dû à la manière dont le pouvoir est appliqué, c'est-à-dire par la *percussion*, ou par un coup ; tellement que par un coup de masse presque toutes les pressions constantes peuvent être surmontées.

Quand deux corps sont forcés à s'éloigner l'un de l'autre par un coin, l'éloignement a lieu dans la direction parallèle à la tête du coin.

Règle.—La longueur du coin est à la demi-épaisseur de la tête, comme la résistance est à la force.

Ou multipliez la résistance par la demi-épaisseur de la tête, et divisez le produit par la longueur du côté, le quotient sera la force égale à la résistance.

Fig. 53



Ex.—L'épaisseur de la tête d'un coin AB étant de 6 pouces et la longueur au milieu de 10 pouces, quel est le pouvoir nécessaire pour séparer une substance dont la résistance est 150 lbs ?

10 : 3 :: 150 : 45 lbs

Nota.—Comme la capacité mécanique d'un coin dépend, en pratique, de la nature de l'ouverture qui le reçoit, les règles susmentionnées ne sont que théoriques, lorsqu'il existe une *craque*, ou *fissure* dans le bois ou la pierre.

La Vis

La *vis* est un plan incliné autour d'un cylindre. Si la surface latérale de ce cylindre était développée ou étendue sur une surface plane, le filet en spirale autour du cylindre représenterait une ligne droite, dont la longueur serait à la hauteur, comme la circonférence est à la distance entre deux filets. Cette dernière distance se nomme *pas* de la vis.

La longueur du plan incliné se trouve en additionnant le carré de la circonférence et le carré de la hauteur ou du *pas*, et en extrayant la racine carrée de la somme.

Règle.—La longueur du plan incliné est à la hauteur, comme le poids est au pouvoir.

Quand une vis est mise en mouvement par une *roue* ou par un *cabestan*, la longueur du bras ou du levier, est le rayon du cercle décrit par le bras, ou la barre du cabestan.

Supposons que P réprésente le pouvoir,
" R " la longueur du levier,
" W " le poids,
" l " la longueur du plan incliné,
" p " le pas de la vis,
" x " le pouvoir à la circonférence,
" r " le rayon de la vis.

Par les règles susdites, nous avons les formules suivantes :

$l : p :: W : P$	$r : R :: P : x$
$l : W :: p : P$	$P : x :: r : R$
$W : l :: P : p$	$R : r :: x : P$

$$P : W :: p : l$$

Ex.—Quel est le pouvoir nécessaire pour lever 12 000 lbs par une vis de 10 pouces de circonférence, le pas de la vis étant de 1 pouce.

$$10^2 + 1^2 = 101, \text{ et } \sqrt{101} = 10{,}049\ 875$$
$$10{,}049\ 875 : 1 :: 12\ 000 : 1194{,}0447 \text{ livres.}$$

Lorsque le mot *circonférence* est employé pour *longueur* du plan incliné, le symbole C remplace l et les formules sont :

$P : W :: p : C$	$P \times C = W \times p$
$C : p :: W : P$	ou $PC = Wp$

Quand une vis fonctionne sur une autre, d'un diamètre et d'un pas plus petits, l'effet est le même que celui d'une seule vis, dont le pas serait égal à la différence des deux pas.

Si une vis de 10 filets au pouce fonctionne sur une de 12 filets, le pouvoir est au poids comme $\frac{1}{60}$ (différence entre $\frac{1}{10}$ et $\frac{1}{12}$) est à 1, ou comme 1 est à 60.

Dans un mécanisme compliqué composé d'une vis, d'une roue et de son axe, on peut exprimer la relation entre le pouvoir et le poids.

Que x réprésente l'effet du pouvoir sur la roue,
" R " le rayon de la roue,
" p " le pas de la vis,
" r " le rayon de l'axe ou pignon,
" C " la circonférence décrite par le pouvoir.

Des différentes propriétés de la vis, résultent les formules suivantes :

$$PC = px$$
$$Rx = Wr$$

En multipliant membre à membre les deux égalités, on obtient

$$PCRx = Wprx$$

d'où, en divisant les deux membres par x :

$$PCR = Wpr$$

d'où $P : W :: pr : CR$

Ex.—Quel est le poids qui peut être levé par un pouvoir de 15 lbs, appliqué à une manivelle de 38 pouces de long, faisant tourner une vis sans fin de 4½ pouces de diamètre, dont le pas est appliqué à une roue de 34 pouces, l'axe étant de 6 pouces de diamètre ?

38 × 2 = 76....diamètre de la circonférence décrite par la main; la table des circonférences donne pour longueur, en pouces, 238,7.

$1\frac{1}{2} : 238.7 :: 15 : 2387$

Rayons de la roue et de l'axe : 12 et 3 ;

Alors $3 : 12 :: 2387 : x = 9548$ lbs. Réponse.

Quand une série de roues et d'axes agissent les uns sur les autres, le poids est au pouvoir, ce que le produit des rayons des roues est au produit des rayons des axes ;

Ainsi, $W : P :: R^3 : r^3$

ou, $r^3 : R^3 :: P : W$

Les cubes des rayons sont ici en regard, parce que les roues sont au nombre de trois, et que leur proportion aux axes est la même, entre les roues et les axes.

Ex.—Si un homme peut lever verticalement un poids de 150 lbs à une hauteur de 20 pieds, quel poids pourra-t-il lever sur une planche unie de 30 pieds de long penchée sur la tête d'un mur de 20 pieds de haut.

(Voir la formule aux " Plans Inclinés ")

$$\frac{Pl}{h} = W \qquad \text{Alors } \frac{150 \times 30}{20} = 225 \text{ lbs} \quad \text{Réponse.}$$

La Poulie

La *poulie* est une roue qui tourne sur un *axe* ou *pivot*, et ce pivot est en même temps, soit fixe soit mobile.

Une *poulie simple* est celle qui tourne sur son axe sans changer de place. La poulie fixe sert seulement à changer la direction du pouvoir, sons autre avantage mécanique ; car il est évident que le poids est égal au pouvoir. Cependant elle est très utile pour transmettre la puissance à la résistance.

Ainsi, en appliquant la puissance par traction de haut en bas, par le moyen d'une corde ou d'une chaîne, la résistance est soulevée, et le poids monte.

L'avantage obtenu par les poulies mobiles est proportionnel au double du nombre de poulies mobiles, sans considérer les poulies fixes nécessaires pour en composer le système.

Le principe sur lequel un poids est soulevé ou supporté par le moyen d'une poulie mobile, ou par une série de poulies mobiles, est bien simple, et se comprend facilement par les règles suivantes.

1er Cas

Pour trouver le poids que peut soulever un pouvoir connu, par un nombre donné de poulies fixes et mobiles :

Règle.—Multipliez le pouvoir ou l'effort par le nombre de cordons ou *brins* qui servent à supporter la partie mobile de l'appareil ; le produit exprime le poids qui poura être soulevé.

Ex.—Quel poids peut-on soulever, sous un effort de 180 livres, par un *palan* d'une série de quatre poulies mobiles ?

Dans ce palan, il y a 8 *brins* qui soutiennent le poids.

$180 \times 8 = 1440$ lbs. Réponse.

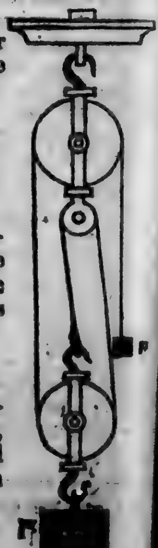
Pour trouver l'effort nécessaire pour soulever un poids donné :

Règle.—Divisez le poids à soulever par le nombre de *brins* qui servent à supporter la chape mobile ; le quotient exprime l'effort à exercer.

Ex.— Quel est l'effort nécessaire pour soulever 3300 lbs avec une poulie mobile disposée comme dans la figure suivante ?

$$3300 \div 3 = 1100 \text{ livres.}$$

Fig. 54



On voit, par la figure précédente, que la poulie mobile peut être disposée de manière que le poids soit triple de l'effort appliqué ; le nombre placé sur chaque brin exprime la partie du poids soutenue.

Ex.—Quel pouvoir faut-il pour soulever 900 livres, quand la partie d'en bas contient six poulies, et que le bout du câble est arrêté en haut ? Quel sera le pouvoir si le bout du câble est arrêté au bas ?

$\frac{900}{12}=75$ lbs 1re réponse $\frac{900}{13}=69\frac{3}{13}$ 2e réponse.

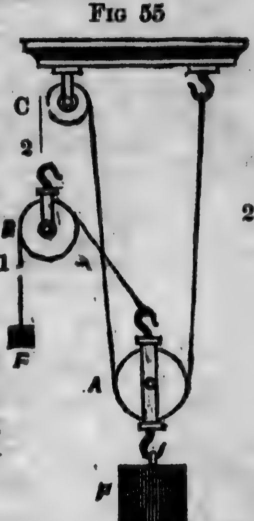
Si *n* réprésente le nombre de *brins* qui supportent la partie inférieure de l'appareil, la formule sera comme suit :

$$W=Pn$$

2me Cas.

Dans le système réprésenté par la figure ci-contre, système appelé *Burton Espagnol*, la tension FB est égale au pouvoir : ce brin est finalement arrêté à la chape qui soutient le poids, et supporte une partie du poids égale au pouvoir.

Fig 55



La partie du câble de C à B balance les tensions unies des deux parties du premier câble, de B au pouvoir et au poids ; conséquemment sa tension est le double du pouvoir ; et ce câble étant passé sous la poulie qui supporte le poids, et finalement arrêté à un point fixe, supporte une partie du poids égale à quatre fois le pouvoir.

Ainsi le poids total doit être égal à *cinq* fois le pouvoir.

Nota.—Quelles que soient les variétés que présentent les dispositions des poulies, des mouffles et des palans, les efforts exercés aux points extrêmes de l'appareil sont toujours en raison inverse des chemins parcourus en ces mêmes points.

Pour trouver l'effort nécessaire pour soulever un poids donné :

Règle.—Divisez le poids à soulever par la somme des nombres qui expriment ce que portent les brins qui soutiennent le poids, le quotient sera le pouvoir.

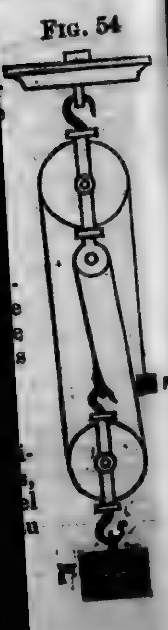
Nota.—Le brin BF n'est d'aucun effet, et n'est pas pris en considération.

Ex.—Trouvez le pouvoir nécessaire pour soulever 4 500 lbs avec une poulie mobile et deux câbles comme dans la figure précédente.

$$4500\div5=900$$

Cas où il y a plus d'un câble en usage.

Dans un système de poulies où les bouts d'un des câbles sont arrê-



tés au support et au pouvoir, et où les bouts de l'autre câble sont arrêtés à la poulie supérieure et à la poulie inférieure, le poids est au pouvoir comme 4 est à 1.

Avec un nombre quelconque de brins, les bouts étant arrêtés au support, on a :

$$P = F.2^n$$

Ex.—Quel est le poids qui peut être soulevé par un pouvoir de 3 lbs, soutenu par un système de 4 poulies mobiles et 4 câbles ?

$$3 \times 2^4 = 3 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 48 \text{ lbs} \quad \text{Réponse.}$$

La Grue

Hauteur ordinaire de l'arbre des manivelles, au-dessus du sol : 3 pieds.

Diamètre du cercle formé par la manivelle : 32 pouces.

Angle de la flèche : 45 degrés.

Force déployée par chaque homme sur les manivelles : de 15 à 20 livres.

P.... Poids à lever par la grue.
F.... Force appliquée aux manivelles.
D.... Diamètre du cercle des manivelles.
n.... Nombre de tours des manivelles pour un du tambour.
T.... Diamètre du tambour.

$$n = \frac{PT}{DF} \qquad D = \frac{PT}{Fn} \qquad F = \frac{PT}{Dn}$$

$$P = \frac{FDn}{T} \qquad T = \frac{FDn}{P}$$

Force centrifuge

Tout corps en mouvement autour d'un centre a une tendance à s'éloigner du centre, suivant une ligne droite tangente à la courbe.

Cette tendance est appelée, quoique improprement, force centrifuge.

La force centrifuge d'un corps en mouvement rotatoire est proportionnelle au carré de la vitesse, ou au carré du nombre de révolutions faites dans un temps donné. Ainsi la force centrifuge d'un corps faisant 40 révolutions par minute est 4 fois plus grande que celle d'un autre corps faisant 20 révolutions dans le même temps, sur un cercle égal.

Pour trouver la force centrifuge d'un corps

RÈGLE. 1.—Le quart de la vitesse en pieds par seconde, étant élevé au carré, puis divisé par le diamètre du cercle, exprime la force centrifuge d'un corps dont le poids est 1.

Donc le quotient multiplié par le poids du corps, est égal à la force centrifuge.

Ex.—Quelle est la force centrifuge d'un volant de 20 pieds de diamètre, avec une vitesse de $32\frac{1}{6}$ pieds par seconde ?

$$32{,}1667 \div 4 = 8{,}417$$

$8{,}417^2 \div 20 = 3{,}542$ fois le poids du cercle du volant.

*Règle. 2.—Le carré du nombre de révolutions par minute, multiplié par le diamètre du cercle en pieds, et divisé par 5870, exprime la force centrifuge lorsque le poids du corps est 1. Ainsi que dans la première règle, ce quotient, multiplié par le poids du corps, est égal à la force centrifuge.

Ex.—Quelle est la force centrifuge d'un poids de 2 lbs à 120 révolutions par minute, sur un cercle de 4 pieds de diamètre ?

$$120^2 \times 4 = 57\ 600$$

$$57\ 600 \div 5870 = 9{,}81 \quad 9{,}81 \times 2 = 19{,}62$$

Règle 3.—Le poids en livres, multiplié par le rayon du cercle, puis successivement par le carré du nombre de révolutions, et par le nombre constant ,00034, est égal à la force centrifuge en livres.

P.... Poids du mobile.
R.... Rayon (jusqu'au centre du mobile).
N.... Nombre de tours par minutes.
F.... Force centrifuge.

$$0.000\ 34 \times PRN^2 = F$$

La force centrifuge, multipliée par 2941, et divisée par le carré du nombre des révolutions multiplié par le rayon, est égale au poids.

$$2941\ F \div RN^2 = P$$

Lois des forces centrifuges.

1. Les forces centrifuges de deux poids inégaux, ayant la même vitesse, à égale distance du centre de rotation, sont en raison des masses ou des poids.

2. Les forces centrifuges de deux poids égaux, à la même vitesse, mais à différentes distances du centre de rotation, sont en raison de leurs distances respectives au centre de rotation.

3. Les forces centrifuges de deux poids faisant leurs révolutions dans le même temps, et dont les poids sont en raison inverse des distances au centre de rotation, sont égales entre elles.

4. Les forces centrifuges de deux poids égaux, à égale distance du centre de rotation, mais à des vitesses inégales, sont en raison des carrés des vitesses.

5. Les forces centrifuges de deux poids inégaux situés à la même distance du centre de rotation, et tournant sous différentes vitesses, sont entre elles comme les produits des masses par les carrés de leurs vitesses.

6. Les forces centrifuges de deux poids égaux ayant même vitesse, mais à différentes distances du centre de rotation, sont en raison inverse des distances.

7.—Les forces centrifuges de deux poids inégaux, ayant même vitesse, et situés à des distances inégales, sont entre elles comme les produits des masses par leurs distances respectives au centre de rotation.

8.—Les forces centrifuges de deux poids inégaux, à vitesses inégales et à distances inégales, sont en raison composée des masses, des carrés des vitesses, et des distances au centre de rotation.

Roue d'air ou Volant

Dans l'emploi des machines à vapeur comme moteurs, dans les usines, moulins et ateliers, où les fonctions et les résistances des machines sont irrégulières, il est d'une grande importance d'avoir un régulateur du travail mécanique, c'est-à-dire des *efforts* et du mouvement ; on trouve ce régulateur dans le *volant*, que l'on peut considérer comme une sorte de réservoir de la puissance mécanique.

Ce pouvoir en réserve se déploie à l'occasion de résistances soudaines et passagères dans les fonctions diverses des machines.

L'efficacité du *volant* dépend beaucoup de sa position ; généralement il est placé le plus près possible du moteur lorsque le pouvoir est variable, et près de la résistance lorsque celle-ci n'est pas constante.

S'il n'y avait pas de volant, les arbres intermédiaires ou de transmission souffriraient beaucoup, ainsi que les machines environnantes, des chocs, des secousses et des irrégularités du mouvement.

Avec un pouvoir d'eau constant et une résistance coustante, le volant n'est pas nécessaire ; s'il devient nécessaire par suite de variations de la résistance, il faut tenir compte de ce fait que déjà, la roue hydraulique constitue un véritable volant, qui permet de diminuer le poids du volant que l'on placera près de la résistance.

Le diamètre du volant varie beaucoup, suivant l'espace, et la fonction de la machine à laquelle il est appliqué ; il n'y a pas de règles précises pour sa limite ; cependant, dans plusieurs circonstances, surtout dans un moulin à farine, la vitesse à son périmètre doit excéder la vitesse au périmètre des meules, afin d'éviter les chocs et les secousses en arrière, qui proviendraient de l'excès de la vitesse des meules sur celle du volant.

Le volant n'augmente point le pouvoir deployé par une machine; au contraire, il absorbe une partie de la puissance déployée, par le frottement de son axe sur les coussinets ; c'est un grand poids mis en mouvement, quelquefois à une vitesse considérable.

C'est la puissance nécessaire pour mettre en mouvement cette masse, à la vitesse voulue, qui est en réserve dans son périmètre, ce qui s'explique par les lois de la physique, notamment que la puissance déployée par un corps est égale à son poids multiplié par la vitesse ; de sorte que la résistance nécessaire pour lui faire équilibre est égale au poids du périmètre du volant multiplié par la vitesse.

Pour trouver le poids que doit avoir le périmètre du volant, pour machines où la résistance est irrégulière :

Règle. —Le nombre de chevaux-vapeur de la machine, multiplié par 1000, et divisé ensuite par le diamètre multiplié par le nombre de tours à la minute, donne le nombre de quintaux (100 livres) du périmètre du volant.

Ex.—Quel devra être le poids d'un volant pour une machine de 30 chevaux, le diamètre du volant devant être de 20 pieds, et la vitesse de rotation devant être de 40 révolutions par minute ?

$$\frac{1000 \times 30}{20 \times 40} = \frac{30\ 000}{800} = 37,5 \text{ quintaux, ou } 3750 \text{ livres.}$$

Le diamètre et le poids de la roue étant déterminés, on détermine l'épaisseur.

Pour trouver l'épaisseur nécessaire de l'anneau du volant, pour faire le poids en fonte:

Règle—Le poids en livres, divisé par la superficie de la couronne en pouces carrés multipliée par .261, donne l'épaisseur de l'anneau ou de la bande du volant.

Ex.—Quelle devra être l'épaisseur de la bande d'un volant de 3750 livres, le diamètre extérieur étant de 20 pieds, et le diamètre intérieur de 19 pieds ?

$$\frac{3750}{(20^2 - 19^2) \times .7854 \times 144 \times ,261}$$

$$(20^2 - 19^2) \times .7854 = 30,6$$

$$30,6 \times 144 \times .261 = 1150$$

$$\frac{3750}{1150} = 3,26 \text{ pouces}$$

Plusieurs constructeurs de machines à vapeur ont adopté le poids de 100 livres par force de cheval.

Les diamètres des volants varient de 3½ à 4 fois la course du piston.

Nota.—Si le cercle du volant doit être cylindrique, pour trouver le diamètre :

Règle.—Le poids en livres étant multiplié par 1.62, puis divisé par le diamètre en pouces, la racine carrée du résultat est le diamètre cherché.

M. Morin donne les règles suivantes pour trouver les poids des volants employés dans les grandes forges, pour les marteaux-pilons.

Pour marteaux de 3 à 4 tonnes, 240 divisé par le carré du rayon de la roue ;

Marteaux de 4 à 5 tonnes, 360 divisé par le carré du rayon.

Pour les petits marteaux frappant de 160 à 200 coups par minute :

Pour marteaux de 1000 à 1200 livres, 108 divisé par le carré du rayon ;

Pour marteaux de 700 à 800 livres, 72 divisé par le carré du rayon.

Nota.—C'est le rayon moyen qu'il faut prendre.

Régulateur-pendule.

L'effet du volant, comme régulateur du mouvement n'est pas la seule chose nécessaire pour répondre à tous les besoins ; on est obligé quelquefois d'avoir recours à un autre appareil.

Dans les manufactures, généralement on a une vitesse limitée, qui doit être constante, afin que les machines exécutent le travail voulu ; sans cette régularité de mouvement, les machines ne répondraient pas à ce qu'on en attend. On a donné à cet appareil le nom de *régulateur*.

La base ou le principe d'action du régulateur est la force centrifuge ; sa forme varie beaucoup, mais généralement il a la forme d'un pendule conique, consistant en deux boules en métal, à l'extrémité inférieure de tiges suspendues à un arbre vertical.

Sa vitesse est proportionnée à la longueur des bras.

Pour trouver la longueur des bras du régulateur lorsque le nombre de révolutions est déterminé :

RÈGLE.—Le nombre constant de 187,5 divisé par le nombre de révolutions par minute, et élevé ensuite au carré, exprime en pouces la longueur du bras, du centre de la boule au point de suspension.

$$L = \left(\frac{187.5}{R}\right)^2$$

Pour trouver le nombre de révolutions par la longueur du bras :

RÈGLE.—187.5 divisé par la racine carrée de la longueur du bras, exprime le nombre de révolutions par minute.

$$R = \frac{187,5}{\sqrt{L}}$$

La friction ou le frottement

La *friction* ou le *frottement* est la résistance au mouvement d'un corps glissant sur un autre, qui ne participe pas au mouvement du premier.

Tout ce que nous savons des lois relatives au frottement est basé sur des expériences nombreuses faites par des hommes émi-

nents : Coulomb, membre de l'Académie des Sciences à Paris, et le Professeur Vince, de l'Université de Cambridge ; mais c'est à M. Morin qu'est dû la plus grande précision dans les lois du frottement.

Sans entrer dans tous les détails, qu'il suffise de dire que la résistance au mouvement d'un corps glissant sur un autre, est en raison directe du poids ou de la pression exercée sur ce dernier corps, et indépendante de l'étendue de la surlace de contact.

Cette résistance est constante pour les mêmes circonstances.

Donc, si un corps est pressé sur un autre, et si ensuite la pression devient double, triple, quadruple, le frottement devient lui-même double, triple, quadruple.

Pour un même poids, si le frottement et réparti sur une surface double, triple, quadruple, le frottement reste le même.

Supposons qu'un poids de 100 livres reposant sur un plan horizontal exige un effort de 12 livres pour vaincre le frottement et mettre le poids en mouvement ; si le poids est double, triple, quadruple, le frottement correspondant à la pression sera :

$$\frac{12}{100} \quad \frac{24}{200} \quad \frac{36}{300} \quad \frac{48}{400}$$

Le quotient du frottement par la pression se nomme *coefficient de frottement.*

F.. frottement, P.. pression, f.. coefficient

$$\text{On a } \frac{F}{P} = f$$

Les coefficients varient suivant les circonstances, comme la nature des corps frottants : métaux sur métaux, métaux sur bois, bois sur métaux, bois sur bois, etc., et suivant la qualité et la quantité des huiles ou graisses interposées.

Malgré tout le poli que l'on donne aux surfaces des pièces destinées à glisser les unes sur les autres, il faut de toute nécessité interposer une matière onctueuse, qui a deux effets ; 1° celui de remplir les cavités invisibles à l'œil nu, 2° celui d'éviter une adhérence parfaite entre les pièces, et par là même de diminuer le coefficient de frottement.

Les coefficients de frottement varient de $\frac{1}{20}$ à $\frac{1}{280}$, ce dernier est égal à 8 livres par tonne de 2240 livres ; c'est le coefficient de frottement des convois sur chemins de fer.

Maintenant supposons, reposant sur une table, un poids d'une tonne auquel serait attachée une corde passant sur une poulie, à l'extrémité de la table, et admettons qu'un poids de 12 livres, suspendu à cette corde, mette le corps en mouvement ; il est évident que lorsque le poids aura baissé d'un pied, le corps aura avancé d'un pied sur la table. Ainsi le travail effectué sera égal à la résistance en livres due au frottement, multipliée par la distance en pieds.

Ex.—Si le coefficient de frottement est .052 de la pression, quel sera le nombre des forces de chevaux absorbées par le frottement d'un palier de poussée à 6 colliers, dont le diamètre moyen est de $12\frac{3}{4}$ pouces, l'arbre faisant 60 révolutions par minute, et la pression moyenne sur le palier étant de $5\frac{3}{4}$ tonnes ?

Admettons que la pression soit concentrée sur un seul collier.

5,75 tonnes
2000 lbs
11500,00
.052
230
575
598,000 résistance en lbs.

3,1416
12,75
157080
219912
376992
12)40,055300
3,33795

$$3,337\,95 \times 598 = 1996,1 \text{ livres—pieds}$$

$$\frac{1996,1 \times 60}{3300} = 3,627 \text{ chevaux.}$$

Autre ex.—Si la résistance uniforme due au frottement est .054 de la pression exercée par la bielle sur le poignet, quel sera le taux de la perte due au frottement sur le poignet, que l'on suppose avoir 9 pouces de diamètre, avec une course de 30 pouces ?

Le travail exécuté pendant une révolution peut être représenté par la formule suivante, où P exprime la pression :

Le travail $= P \times$ 2 fois la course.
$= P \times 5$ pieds

Et la résistance due au frottement dans une révolution
$= P \times .054 \times (3,1416 \times 9 + 12)$
$= P \times .127\,234\,8$

On aura donc le taux de la perte due au frottement en posant la proportion $P \times 5 : P \times .127\,234\,8 :: 100 : X$; ou, en divisant par P les deux termes du premier rapport :

$$5 : .127\,234\,8 :: 100 : X$$

$$\frac{.1272348}{100}$$

$$5)12.72348$$

Réponse 2.5446 pour cent.

Le travail total absorbé par le frottement d'une machine à vapeur varie beaucoup ; la perte est plus grande dans les machines à petits cylindres.

Formule pour cylindres de 6 à 20 pouces ; P..pression de vapeur au pouce carré, nécessaire pour vaincre le frottement.

D..Diamètre du cylindre.

$$P = \frac{18}{\sqrt{D}}$$

Dans les machines à grands cylindres, la pression au pouce carré sur le piston varie de .75 à $1\frac{1}{2}$ livre, ou à 11 pour cent.

Le travail absorbé par le frottement des hélices est de 7 à 11 pour cent de la puissance exercée.

Pour la pompe à air, 5 pour cent.

Pour la pompe alimentaire, 1 pour cent.

Centre de Gravité

Le centre de gravité d'un corps, ou d'un système de corps unis, est le point sur lequel se balanceraient toutes les parties, sans que le corps cessât d'être en équilibre.

Lorsqu'un corps est suspendu par son centre de gravité, ce corps est immobile, et reste dans toute position où l'on veut le mettre. C'est comme si tout le poids du corps était concentré sur ce point.

Le centre de gravité de deux ou plusieurs corps considérés comme liés invariablement entre eux, est le point sur lequel se balancerait l'ensemble ou le système de ces corps, sans qu'il cessât d'y avoir équilibre.

Fig. 56

Si les centres de gravité de deux corps A et B sont unis par un lien rigide, les distances AC et BC, au centre commun C, sont en raison inverse des poids A et B.

Alors AC:BC::B:A AB:BC::A + B:A

D'où $A \times AC = B \times BC$ $AB \times A = BC \times (A \times B)$

Pour trouver le centre de gravité commun à deux poids

Règle.—Multipliez la distance entre les centres des deux poids, par l'un des poids, et divisez par la somme des deux

poids ; vous aurez la distance de l'autre poids au centre de gravité.

Fig. 57

Ex. 1—Trouvez le centre de gravité entre deux poids A et V, de 25 et 100 livres, la distance entre les centres des deux poids étant de 40 pouces.

$$100 + 25 = 125$$
$$(25 \times 40) \div 125 = 8 \text{ pouces.}$$

La distance du centre de gravité étant inverse au poids, c'est à 8 pouces du gros poids que se trouve le centre C.

Ex. 2—Trouvez le centre de gravité entre deux poids de 95 et 30 livres, la distance étant de 50 pouces de centre en centre ?

$$95 + 30 = 125$$
$$(50 \times 30) \div 125 = 12 \text{ pouces}$$

De la règle précédente résulte la formule ci-après:

V représente la grosse masse
v " la petite masse
D " la distance entre les corps
C " le centre commun

$$\text{Nous aurons } \frac{VD}{V+v} = \text{distance de C à } v$$

Pour trouver le centre de gravité d'un système de plusieurs poids.

La règle suivante aura son application dans l'érection d'une machine à vapeur à balancier, dans un bateau à vapeur, en vue de placer le centre de gravité de l'appareil au centre de gravité du bateau, donné par le charpentier. La machine ainsi placée ne changera rien aux conditions de flottaison du bateau.

Règle 1.—Multipliez tous les poids, par leurs distances respectives à une première extrémité de l'appareil ; la somme de tous les produits plus le dernier poids, formera un premier corps idéal. Multipliez tous les poids, en sens contraire, par leurs distances respectives à l'extrémité opposée, la somme de ces produits plus le dernier poids, formera un second corps idéal. Opérez alors comme dans la règle à deux poids.

Ex.—Trouvez le centre de gravité commun aux poids de la figure 58, ci-annexée.

En commençant de gauche à droite on trouvera : 15 tonnes à 55 pds, 10 tonnes à 35 pds, 5 tonnes à 20 pds, 5 tonnes à 10 pds, plus 15 tonnes ; maintenant de droite à gauche, 15 tonnes à 55 pds, 5 tonnes à 45 pds, 5 tonnes à 35 pds, 10 tonnes à 20 pds, plus 15 tonnes pour le dernier poids.

Charbon | Chaudière | Centre | Cylindre | Balancier | Roues et axes

A 15 tonnes 10 tonnes C 5 tonnes 5 tonnes 15 ton. B

20 pieds 15 pieds 10 pieds 10 pieds

total 55 pieds

Charbon,	15 × 55 = 825	Roues	15 × 55 = 825
Chaudière	10 × 35 = 350	Balancier	5 × 45 = 225
Cylindre	5 × 20 = 100	Cylindre	5 × 35 = 175
Balancier	5 × 10 = 50	Chaudière	10 × 20 = 200
Roues	15 = 15	Charbon	15 = 15
	Somme = 1340		Somme = 1440

1440 + 1340 = 2780, somme des deux poids

(1440 × 55) ÷ 2780 = 29.49 pieds, distance AC

55—28.49 = 26.51, distance CB

```
       1440
         55
       ----
       7200
      7200
      -----
2780)79200(28.48633
     556
     ----
     2360
     2224
     ----
      1360
      1112
      ----
       2480
       2224
       ----
        1560
        1468
        ----
          920
          834
          ---
           860
           834
           ---
            26
```

RÈGLE 2.—Multipliez tous les poids par leurs distances respectives, et divisez la somme de tous ces produits plus le dernier poids, par la somme de tous les poids.

Ex.—Trouvez le centre de gravité commun aux poids de la fig. 58, les poids et les distances étant les mêmes ?

55 × 15 = 825	Poids 15
45 × 5 = 225	" 5
35 × 5 = 175	" 5
20 × 10 = 200	" 10
15 = 15	" 15
1440	50

1440 ÷ 50 = 28.8

5)144(28.8
10
——
44
40
——
40
40
——

La première des deux règles précédentes donne lieu à un calcul plus long, elle donne un résultat plus exact. Voici la preuve.

AC : BC :: B : A.

D'après la première règle, le centre de gravité C se trouve a 28,486 pouces de A, et l'autre partie est égale à 26.514.

26.514 × 1440 = 38 180
28.486 × 1340 = 38 171

Différence 00 009

D'après la seconde règle la différence est plus grande.

55—28,8 = 26,2

Alors 1340 × 28,8 = 38 592
" 1440 × 26,2 = 37 728

Différence 864
Première différence 9

Donc la première règle est plus exacte

Balances frauduleuses.

Double pesée de Borda.

Les balances en usage dans le commerce sont souvent mal construites dans le but de frauder ; mais la méthode des doubles pesées, indiquée par le physicien Borda, permet d'obtenir des pesées exactes, même avec une balance défectueuse.

Règle —Placez l'objet que vous voulez peser sur un plateau de la balance, et faites l'équilibre avec des poids, ou de la grenaille, ou du sable ; enlevez alors l'objet, et remplacez-le par des poids de manière à rétablir l'équilibre ; les poids ainsi placés représentent le poids exact de l'objet ; car l'objet et les poids agissent tour à tour dans les mêmes conditions, et font équilibre à la même résistance.

Pour savoir si la balance est frauduleuse, remplacez la grenaille ou le sable par des poids marqués ; si la somme de ces poids est la même que la somme des poids placés de l'autre côté de la balance, l'instrument est juste ; sinon la balance est fausse.

De la chute des corps

La *gravitation universelle* est une force en vertu de laquelle tous les corps de l'univers tendent sans cesse les uns vers les autres, comme s'ils s'attiraient réciproquement.

Les corps s'attirent entre eux en raison directe de leurs masses, et en raison inverse des carrés des distances. Les masses sont d'ailleurs proportionnelles aux poids des corps.

La gravitation des corps vers le centre du Globe terrestre porte le nom de *pesanteur*.

Chaque molécule ou particule d'un corps tend ainsi à tomber vers le centre du Globe, et la somme de toutes ces tendances à tomber constitue le *poids* du corps.

Lorsqu'un corps tombe d'une certaine hauteur, la *vitesse* ou l'élan de ce corps croît de plus en plus, et proportionnellement à la durée de la chute ; de sorte qu'au bout d'un temps 2, 3, 4 fois plus grand, la vitesse acquise est elle-même 2, 3, 4 fois plus grande.

Les *espaces parcourus* en des chutes de diverses durées sont proportionnels aux carrés des temps ou des durées des chutes.

En d'autres termes, dans des chutes dont les durées sont entre elles comme les nombres 1, 2, 3, 4, etc., les espaces parcourus sont entre eux comme les carrés 1, 4, 9, 16, etc.

Dans le cours d'une même chute, les espaces parcourus pendant des temps égaux successifs, par exemple de seconde en seconde, sont entre eux comme les nombres impairs 1, 3, 5, 7, etc.

L'expérience démontre qu'un corps qui tombe librement en partant du repos, descend de $16\frac{1}{12}$ pieds durant la première seconde de chute, et que ce corps possède alors une vitesse ou un élan capable de lui faire *parcourir* uniformement $32\frac{1}{6}$ pieds durant la deuxième seconde.

Conséquemment, dans la chute d'un même corps, au bout de 1, 2, 3, 4 secondes, les vitesses en pieds seront respectivement $32\frac{1}{6}$, $64\frac{1}{3}$, $96\frac{1}{2}$, etc ; les espaces parcourus depuis le commencement seront $16\frac{1}{12}$, $64\frac{1}{3}$, $144\frac{3}{4}$, etc ; et les espaces parcourus dans les secondes successives seront $16\frac{1}{12}$, $48\frac{1}{4}$, $80\frac{5}{12}$, etc.

1er Cas

Un corps tombant librement, quelle sera sa vitesse au bout d'un temps donné ?

Règle.—Multipliez le temps par $32\frac{1}{6}$; le produit sera la vitesse à la fin du temps donné.

Ex.—Quelle sera la vitesse après 7 secondes de chute ?

$$32\frac{1}{6} \times 7 = 225\frac{1}{6} \text{ pieds.}$$

2e Cas

Un corps tombant librement, quelle sera sa vitesse acquise s'il tombe d'une hauteur donnée ?

RÈGLE.—Multipliez l'espace, en pieds, par $64\frac{1}{3}$, la racine carrée du produit sera, en pieds, la vitesse par seconde.

Ex.—Quelle sera la vitesse acquise à la fin de la chute, par un boulet tombant d'une hauteur de 201 pieds ?

$$64\tfrac{1}{3} \times 201 = 12931$$
$$\sqrt{12931} = 113.7 \text{ pieds.}$$

3e CAS

Espace parcouru dans un temps donné de chute.

RÈGLE.—Multipliez le carré du temps, en secondes, par $16\frac{1}{12}$; le produit exprimera, en pieds, l'espace parcouru.

Ex.—Quel sera l'espace parcouru par un corps dans une chute de 7 secondes de durée ?

$$7^2 = 49 \qquad 16\tfrac{1}{12} \times 49 = 788\tfrac{1}{12} \text{ pieds.}$$

4e CAS

Temps nécessaire à un corps pour tomber d'une hauteur donnée.

RÈGLE.—Divisez par 4 la racine carrée de la hauteur donnée ; le quotient sera le temps demandé.

Ex.—Quel est le temps nécessaire à un corps pour tomber d'une hauteur de 402.08 pieds ?

$$\sqrt{402.08} = 20.049$$
$$20.049 \div 4 = 5.012 \text{ secondes}$$

5e Cas

Espace parcouru par un corps qui tombe, pour acquérir une vitesse donnée.

RÈGLE.—Divisez la vitesse par 8 ; le carré du quotient sera la hauteur de chute nécessaire pour donner cette vitesse.

Ex.—De quelle hauteur doit tomber un boulet pour acquérir une vitesse de 660 pieds par seconde ?

$$660 \div 8 = 82,5$$
$$82,5^2 = 6806,25 \text{ pieds.}$$

6e Cas

Temps que doit durer la chute d'un corps pour donner à ce corps une vitesse donnée.

Règle.—Divisez la vitesse par 32 : le quotient est le temps cherché.

Ex.—Pendant combien de temps doit tomber un corps, pour acquérir une vitesse de 480 pieds ?

$$480 \div 32 = 15 \text{ secondes.}$$

Les corps lancés verticalement de bas en haut, sont retardés proportionnellement à l'accélération des corps descendants ; conséquemment les règles suivantes seront très utiles.

7e Cas.

Espace parcouru par un corps lancé de bas en haut, avec une vitesse donnée.

Règle.—Cherchez d'abord, en divisant la vitesse donnée par 32, le temps de chute qui donnerait la vitesse donnée ; multipliez le carré du temps par 16.083 (voir la table), et le temps par la vitesse ; la différence de ces deux produits sera la hauteur qu'atteindra le corps lancé.

Ex. 1—Un projectile étant lancé de bas en haut, est revenu à terre au bout ds 12 secondes ; à quelle hauteur s'est-il élevé ?

Puisque le retardement des corps ascendants est proportionnel à l'accélération des corps descendants, le projectile a monté pendant 6 secondes.

$$6^2 \times 16{,}083 = 579 \text{ pieds}$$

Ex. 2—Si un corps est lancé de bas en haut avec une vitesse de 30 pieds à la seconde, à quelle hauteur s'élève-t-il avant de retomber ?

$$30^2 \div 64{,}33 = 13{,}9 \text{ pieds de hauteur}$$

8e CAS

Pour trouver la vitesse d'un cours d'eau en pieds, par secondes à la fin d'un nombre de secondes, la hauteur étant donnée.

Ex. 1.—Quelle est la vitesse de l'eau à l'extrémité inférieure d'un coursier dont l'un des bouts est 30 pouces plus bas que l'autre ?

(Voir le 2e cas)

$$30 \text{ pouces} = 2{,}5 \text{ pieds}$$
$$2{,}5 \times 64{,}33 = 160{,}82$$
$$\sqrt{160{,}82} = 12{,}65 \text{ pieds de vitesse}$$

Nota. L'espace parcouru par un corps sur un plan incliné, est à la hauteur dont ce corps tomberait librement, comme la hauteur du plan incliné est à sa longueur.

Ex. 2 —Quelle distance parcourra un cours d'eau en 5 secondes, sur un plan incliné ayant 10 pieds de hauteur, avec une base de 100 pieds ?

$$5^2 \times 16{,}083 = 402{,}08$$
$$100 : 10 :: 402{,}08 : 40{,}20 \text{ pieds en 5 secondes}$$

La force développée par un poids qui tombe est égale au poids multiplié par la vitesse.

Ex.—Quelle sera la force d'un coup frappé par un poids de 280 livres, tombant d'une hauteur de 9 pieds ?

$$\sqrt{9 \times 64{,}33} = 24$$
$$24 \times 280 = 6720 \text{ livres}$$

TABLE

Montrant la relation du temps, de l'espace, et de la vitesse

Temps de la chute en secondes	Vitesse acquise à la fin du temps.	Carré du temps.	Espace parcouru dans chaque seconde.	Rapport de ces espaces.	Espace total parcouru depuis le commencement.
1	32.16	1	16.08	1	16.08
2	64.33	4	48.25	3	64.33
3	96.5	9	80.41	5	144.75
4	128.66	16	112.58	7	257.33
5	160.83	25	144.75	9	402.08
6	193.	36	176.91	11	579.
7	225.17	49	209.08	13	788.08
8	257.33	64	241.25	15	1029.33
9	295.5	81	273.42	17	1302.75
10	321.66	100	305.58	19	1608.33

Pesanteur des corps

La force d'attraction de la Terre diminue lorsqu'on s'en éloigne, en raison du carré de la distance en partant du centre de la Terre.

Ex.—Un corps placé à 2 000 milles au-dessus de la surface de la Terre, accuse, à la balance à ressort, un poids de 400 livres ; quel sera son poids à la surface de la Terre, en estimant le rayon de la Terre à 4 000 milles ?

$$4000 + 2000 = 1\tfrac{1}{2} \text{ rayon.}$$
$$1.5^2 \times 400 = 900 \text{ livres.}$$

Règle.—Estimez la distance du corps au centre de la Terre, en prenant le rayon comme unité ; multipliez le poids donné par le carré de la distance ; le produit sera le poids pris à la surface de la Terre.

Ex.—Un corps pesant 900 lbs à la surface de la Terre, quel sera son poids à 2 000 milles au-dessus ?

Il faut ici renverser la règle ci-dessus :

$$900 \div 1.5^2 = 400 \text{ livres.}$$

Poids Spécifiques.

Le *poids spécifique* d'un corps est le rapport de son poids à celui d'un égal volume d'eau distillée.

Un pied cube d'eau distillée pèse 1000 onces avoirdupoids, à la température de 60° Fahrenheit : ainsi le poids d'un corps, exprimé en onces par pied cube, sera son poids spécifique. Par exemple si l'on dit que le poids spécifique du zinc est 7, cela exprime qu'à volume égal le zinc pèse 7 fois plus que l'eau.

Divisez le poids spécifique par 16, le quotient sera le poids d'un pied cube, en livres.

La moyenne du poids d'un pouce cube de fonte, en livres, est .263.

Table des poids spécifiques.

Métaux	Poids spécifique	Poids d'un pied cube en livres	P. d'un pouce cube en livres	Force cohésive en tonnes	Poids pour écraser 1 po tonnes
Aluminium laminé	2.67	166.6			Poids en tonnes par pouce carré pour écraser ou deformer.
" " fondu	2.56	159.8			
Antimoine	6.72	419.5			
Arsenic	5.763	360.19			
Bismuth	9.823	613.1			
Cuivre en barres	8.85	552	.318	17	
" fondu	8.607	537.3	.31	8.4	
" laminé	8.788	548.1	.316	13.4	
" en fil	8.9	555.	.32	26.	
Or fondu	19.361	1208.5	.697	9.1	
" à 22 carats	17.486				
" à 20 "	15.709				
Fer en barres	7.788	486.81	281	29.	18
Fonte { de	7.	437.	252	6.	30
Fonte { à	7.6	474.	273	13	64
Fer en fil	....	....	....	40.	
Plomb fondu	11.36	708.5	.41	0.8	3.1
" laminé	11.4	711.6	.411	1.5	
Mercure (liquide)	13.598	849.87	.492	....	
Platine	21.531	1343.9	.775	....	
" laminé	23.	1435.6	.828	....	
Argent	10.474	653.8	.377	18.2	
Acier en barres	8.	499.	.288	52.	150
Etain	7.291	451.1	.262	2.0	6.7
Zinc	7.	437.	.252	3.3	......
Acier en feuilles	....	....	....	35.	90
Alliages					
Bronze d'Alumin. (90 par 100 de cuiv.)	7.68	478.4	.276	32.	58
Métal à cloches	8.05	502.52	.29	1.4	......
Laiton, Brass	8.4	524.37	.3	8.	

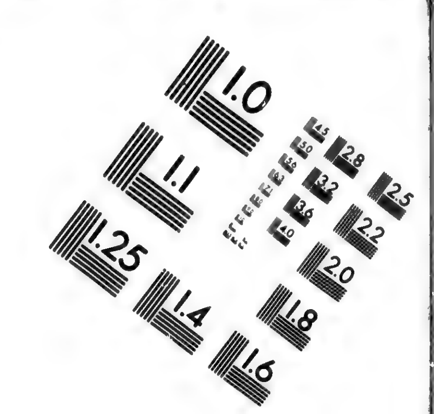
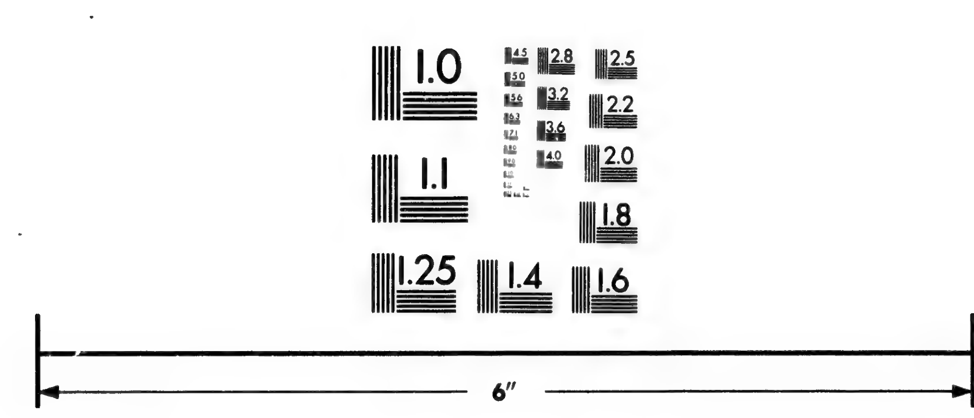


IMAGE EVALUATION TEST TARGET (MT-3)




1.0
2.8
2.5
3.2
2.2
3.6
4.0
2.0
1.8
1.6
1.2
1.1
1.0

POIDS SPECIFIQUES (suite)

METAUX.	Poids spécifique	Poids d'un pied cube en livres	Poids d'un pc cube en livres	Force cohésive, tonnes	Force nécessaire pour écraser 1 pc carré, tonnes.
Laiton laminé	8.44	526.86	.301	14.	
" en fil	8.54	533.109	.307	22.	
" 5 cuiv. 1 zinc	8.41	525.09	.3	13.7	
" 4 " 1 "	8.448	527.36	.304	14,7	
" 3 " 1 "	8.397	524.18	.3	13.1	
" 2 " 1 "	8.299	518.06	,299	12.5	
" 1 " 1 "	8.23	513.75	.296	9.2	
" 1 " 2 "	8.283	517.06	.298	19.3	
" 1 " 4 "	7.371	460.13	.265	1.9	
Bron. 10 cuv. 1 étain	8.561	534.42	.308	10.1	
" 9 étain 1 cuiv	8.462	528.24	.304	15 2	
" 8 " 1 "	8.459	528.05	.304	17.7	
" 7 " 1 "	8.728	544.85	.314	13.6	
Spéculum	7.447	464.87	.264	3.1	
Antifriction *Babbitt*	7.31	456.32	.263		

POIDS SPECIFIQUES (suite).

Matériaux.	Poids spécifique	pied cube	pouce cube	Matériaux.	Poids spécifique	pied cube	pouce cube
Orme anglais	.553	34	.02	Pierre à chaux	2.58	161	.093
" Canadien	.579	36	.021	Craie	2.33	145	.084
Erable	.675	42	.025	Marbre statuaire	2.718	170	.098
Chêne africain	.988	62	.035	Granit	2.66	166	.096
" américain	.850	53	.03	Mortier	1.7	106	.061
" anglais	.777	48	.028	Caoutchouc	.93	58	.033
Mahogany esp.	.852	53	.031	Ivoire	1.82	114	.065
Pin rouge	.576	36	.021	Coke	7.44	46	.026
" blanc	.432	27	.015	Brique	2.0	125	.072
Hêtre	.624	39	.023	Suif	.94	59	.034
Frêne	.722	45.12	.026	Sucre	1.606	100.4	.058
Hacmétac	.592	37	.021	Beurre	.942	58.89	.034
Merisier	.720	45	.026	Cire d'abeilles	.965	60.3	.035
Noyer dur	.838	52.37	.030	spermacéti	.943	58.89	.034
				LIQUIDES			
Buis	1.031	64.44	.037	Huile d'olive	.915	57.19	
Liège	.240	15	.009	" de lin	.932	58.25	
Cerisier	.715	44.68	.026	Lait	1.032	64.5	
Ebène	1.331	83.18	.048	Miel	1.450	90.6	

Poids Spécifiques.—(Suite)

LIQUIDES	Poids Spécifiq.	Fluides Elastiques	Poids Spécifiq.
Eau distillée	1.00	L'Air Atmosphérique	
" de l'Atlantique	1.026	pèse 527.04 grains	
" du Pacifique	1.038	troy au pied cube ; son	
" de la Mer Rouge	1,043	poids spécifique est	
" de la Méditerranée	1.038	pris pour étalon ou	
" de la Mer Noire	1.021	unité des poids spécifi-	
" de la Mer Baltique	1.066	ques des corps gazeux.	
" de la Mer Morte	1.240	Vapeur (*steam*) à 212°	.490
" du Golfe St-Laur.	1.028	Nitrogène ou azote	.972
" de Kamouraska	1.012	Oxygène	1.104
Vinaigre	1.080	Vapeur d'alcool	1.613
Un pied cube de va-		" d'esprit de thé-	
peur (*steam*) pèse 258		rébentine	5.013
grains à 212°		Vapeur d'eau	.623
		Fumée de charbon bi-	
		tumineux	.102
		Fumée de bois	.90

Divisez le poids spécifique par 16 ; le quotient sera le poids d'un pied cube en livres.

Ténacité du fer et de l'acier

Poids (en tonnes) nécessaire pour rompre un pouce carré de section.

	Section originale		Section rompue	
	qualité la plus haute.	qualité la plus basse	qualité la plus haute.	qualité la plus basse.
Acier, barres, pour outils	59.3	45	62.1	59.1
" " rivets et boul.	47.9	41.1	70.9	62.2
" " en saumon	31.9	28	49.7	31.8
" " en tôle	44.3	32.3	51	35.7
Fer, barres Yorkshire	29.6	27	58.51	35.7
" " Staffordshire	28	24.7	65.4	33.6
" " Lanarkshire	28.9	20.8	52.6	21.4
" " Lancashire	27	24	46.6	38.5
" " de Suède	21.5	21.3	66.8	54
" " de Russie	25.3	22.1	34.7	32.2
Tôles de Yorkshire	25.3	22.	34	24.8
" de Staffordshire	24.1	20.3	27.4	19
" de Lanarkshire	22.9	18.6	27	19
Fer des cornières	25	22.3	31.9	26

Notes sur la force du fer

La *ténacité* de la fonte est ⅙ de celle du fer ; on ne doit pas la charger de plus d'un sixième du poids de rupture.

La force de l'acier est réduite lorsqu'il est trempé dans l'eau ; mais il devient plus dur et plus ténace lorsque la trempe se fait à l'huile.

Le fer chauffé au rouge et amorti soudainement devient plus dur, et sa force de cohésion est augmentée.

La force nécessaire pour couper des rivets d'acier est le quart de la force de cohésion de l'acier.

Les dimensions indiquées pour des rivets en fer sont trop petites pour des rivets d'acier avec tôle d'acier.

La ténacité du fil de fer se trouve réduite lorsque le fil est chauffé.

Le fer chauffé au rouge se dilate de un 140e de son volume.

Le poids spécifique du fer indique assez correctement sa qualité.

Poids des Métaux

FER

Pouces cubes × .28=livres avoir du poids
" " ÷100=quarts de quintaux
" " ÷400=quintaux

Epaisseur de tôle en pouces × 40=lbs au pied carré
" " " huitièmes × 5= " " "
" " " dixièmes × 4= " " "
Livres par verge courante × .7857 = tonnes au mille courant
Diam. du fer rond mis au carré × 2,64 = lbs au pied courant.

Multiplicateurs pour trouver le poids, lorsqu'on change de métal sans changer de volume.

Le pds du fer × .92 = pds du zinc	Pcs cubes × .252 = lbs en zinc
" " × .93 = fonte	" " × .262 = " fonte
" " × .94 = étain	" " × .262 = " étain
" " × 1.02 = acier	" " × .288 = " acier
" " × 1.09 = *Brass*	" " × .3 = " *Brass*
" " × 1.15 = cuivre	" " × .32 = " cuivre
" " × 1.47 = plomb	" " × .41 = " plomb

TABLE

Indiquant l'épaisseur et le poids du fer galvanisé.

Dimensions des feuilles, 2 pieds sur 6 et 9 pieds.

Calibre	Poids par pied carré	Calibre	Poids par pied carré	Calibre	Poids par pied carré	Calibre	Poids par pied carré
No	Onces	No	Onces	No	Onces	No	Onces
30	10	26	15	22	21	18	37
29	11	25	16	21	24	17	43
28	12	24	17	20	28	16	48
27	14	23	19	19	33	14	60

Poids (en livres) d'un pied carré de divers métaux des épaisseurs de 1 à 16 seizièmes de pouce.

Epaisseur pouces	Fer	Acier	Laiton Brass	Cuivre	Plomb	Zinc	Epaisseur jauge de Birmingham B W G	Millimètres
$\frac{1}{16}$	2.5	2.6	2.75	2.9	3.7	2.35	.0625 = 16	1.59
$\frac{1}{8}$	5	5.2	5.5	5.8	7·4	4.7	.125 = 11	3.17
$\frac{3}{16}$	7.5	7.8	8.2	8.7	11.1	7.0	.1875 = 7	4.76
$\frac{1}{4}$	10.	10.4	11.0	11.6	14.8	9.4	.25 = 4	6,35
$\frac{5}{16}$	12.5	13.0	13.7	14.5	18.5	11.7	.3125 = 1	7.94
$\frac{3}{8}$	15.	15.6	16.4	17.2	22.2	14.0	.375	9.52
$\frac{7}{16}$	17.5	18.2	19.2	20.0	25.9	16.4	.4375	11.11
$\frac{1}{2}$	20.0	20.8	21.9	22.9	29.5	18.7	.5	12.7
$\frac{9}{16}$	22.5	23.4	24.6	25.7	33.2	21.1	.5625	14.29
$\frac{5}{8}$	25.0	26.0	27.4	28.6	36.9	23.4	.625	15.87
$\frac{11}{16}$	27.5	28.6	30.1	31.4	40.6	25.7	.6875	17.46
$\frac{3}{4}$	30.0	31.2	32.9	34.3	44.3	28.1	.75	19.05
$\frac{13}{16}$	32.5	33.8	35.6	37.2	48.0	30.4	.8125	20.64
$\frac{7}{8}$	35.0	36.4	38.3	40.0	51.7	32.8	.875	22.22
$\frac{15}{16}$	37.5	39.0	41.2	42.9	55.4	35.1	.9375	23.81
1	40.0	41.6	43.9	45.8	59.1	37.5	1.000	25.40

Epaisseur, jauge de Birmingham.

Epaisseur BWG	Fer	Cuivre	Brass	Epaisseur BWG	Fer	Cuivre	Brass
30	.5	.58	.35	15	2.82	3.27	3.10
29	.56	.64	.61	14	3.12	3.60	3.43
28	.64	.74	.70	13	3.75	4.34	4.12
27	.72	.83	.79	12	4.38	5.08	4.81
26	.80	.92	.88	11	5.03	5.80	5.50
25	.90	1.04	.99	10	5.62	6.50	6.18
24	1.00	1.16	1.10	9	6.24	7.20	6.86
23	1.12	1.30	1.23	8	6.86	7.90	7.54
22	1.25	1.45	1.37	7	7.50	8.70	8.25
21	1.40	1.62	1.54	6	8.12	9.40	8.93
20	1.54	1.78	1.69	5	8.74	10.10	9.61
19	1.70	1.97	1.87	4	10.00	11.60	11.00
18	1.86	2.15	2.04	3	11.00	12.75	12.10
17	2.18	2.52	2.40	2	12.00	13.90	13.10
16	2.50	2.90		1	12.50	14.50	13.75

Grandeur et poids des feuilles de ferblanc

Marque	N. de feuilles p. boîte	Dimens. Long.	Dimens. larg.	Poids d'une Boîte	Marque	N. de feuilles	Dimens. Long.	Dimens. larg.	Poids d'une Boîte
				quint.					
IC	225	13¾	10	1-0-0	DXX	100	16¾	12½	1-1-7
HX	225	13¾	10	1-1-7	DXXX	100	16¾	12½	1-2-0
IX	225	13¾	10	1-1-0	DXXXX	100	16¾	12½	1-2-21
IXX	225	13¾	10	1-1-21	SDC	200	15	11	1-2-0
IXXX	225	13¾	10	1-2-14	SDX	200	15	11	1-2-21
IXXXX	225	13¾	10	1-3-7	SDXX	200	15	11	1-3-14
DC	100	16¾	12½	0-3-21	SDXXX	200	15	11	2-0-7
DX	100	16¾	12½	1-0-14	SDXXXX	200	15	11	2-1-0

Poids (en livres) des sphères et cylindres

Diamètre en pouces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Boulets en fonte	.136	1,10	3,70	8,7	17,1	29,7	47	70	100	137,7
Cylindres en fonte 1 pied de longueur	2.4	9.9	21,9	39,	61,	89,	120	156	198	244

TUYAUX

Poids (en livres) des tuyaux en cuivre, 1 pied de longueur.					Poids (en livres) des tuyaux en plomb, 1 pied de longueur.			
Diamèt. intérieur	Epaisseur en fraction de pc.				Diamètre intérieur	commun	moyen	fort
	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{[illegible]}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{4}$				
$\frac{1}{2}$	.42	.94	1.60	2.27	$\frac{1}{2}$	1.07	......	......
$\frac{3}{4}$	.62	1.33	2.17	3.02	$\frac{3}{4}$	1.6	1.8	2
1	.79	1.69	2.66	3.77	1	2.00	2.6	2.8
$1\frac{1}{2}$	1.15	2.44	3.85	5.30	$1\frac{1}{4}$	3.00	3.7	4.4
2	1.55	3.21	5,00	6.80	$1\frac{1}{2}$	4 00	4.7	5.6
$2\frac{1}{2}$	1.94	3.97	6.13	8.31	2	5.00	6,0	7.0
3	2.30	4.73	7.24	9.84	$2\frac{1}{4}$	7.00	8.6	10

TABLE

Des multiplicateurs constants pour trouver le poids des tuyaux en fer, cuivre et plomb.

Epaisseur	Fer	Cuivre	Plomb	Epaisseur	Fer	Cuivre	Plomb
$\frac{1}{32}$ pouce	.104	.121	.1539	$\frac{1}{8}$ et $\frac{1}{32}$	.518	.6047	.7694
$\frac{1}{16}$	.208	.2419	.3078	$\frac{1}{8}$ et $\frac{1}{16}$	.621	.7258	.9282
$\frac{3}{32}$	.3108	.3628	.4616	$\frac{1}{8}$ et $\frac{3}{32}$	.725	.8466	1.0771
$\frac{1}{8}$	.414	.4838	.6155	$\frac{1}{4}$	.828	9678	1.231

Règle.—Multipliez la circonférence du tuyau en pouces, par le nombre qui se trouve dans la table vis-à-vis l'épaisseur requise, et par la longueur en pieds ; le produit sera le poids en livres.

Ex.—Quel est le poids d'un tuyau en cuivre, de 12 pieds de longueur, 15 pouces de circonférence, et $\frac{3}{16}$ d'épaisseur ?

$$.7258 \times 15 = 10.817$$
$$10.817 \times 12 = 130.644 \text{ livres environ.}$$

Règle pour trouver le poids des tuyaux.

D....Diamètre extérieur en pouces.
d.... " intérieur " "
w....poids d'un pied de longueur en livres.
k....$w = k\,(D^2 - d^2)$.

$k = 2.45$ pour la fonte.
$k = 2.64$ pour le fer.
$k = 2.82$ pour le laiton ou *Brass*.
$k = 3.03$ pour le cuivre.
$k = 3.86$ pour le plomb.

TABLE

du poids (en livres) des tuyaux en fonte, par pied de longueur.

Le poids des rebords, à chaque bout, est estimé comme équivalent à 1 pied de tuyau.

Epaisseur du métal

Diamètre	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	1	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{4}$
2	8.7	12.3	16.1	......	......	......	......	......
3	12.4	17.1	22.2	......	......	......	......	......
4	16.1	22.1	28.3	......	......	......	......	......
5	19.8	26,9	34.4	42.3	......	......	......	......
6	23.4	31.9	40.6	49.7	......	......	......	......
7	27.1	36.8	46.7	56.8	......	......	......	......
8	30.8	41.6	52.8	64.3	......	......	......	......
9	34.4	46.0	58.9	71.7	......	......	......	......
10	......	51.4	65.1	79.0	93.3	......	......	......
11	......	56.4	71.0	86.4	101.8	......	......	......
12	......	......	77.3	93.7	110.4	127.4	......	......
13	......	......	83.4	101.2	119.	137.2	......	......
14	......	......	89.6	108.4	127.5	147.0	......	......
15	......	......	......	115.7	136.1	156.8	177.7	......
16	......	......	......	123.1	144.7	166.6	188.7	......
18	......	......	......	137.9	161.8	186.2	210.8	......
20	......	......	......	......	178.9	205.8	232.9	260.3
22	......	......	......	......	......	225.4	254.9	284.8
24	......	......	......	......	......	245.0	276.9	309.3

Cette table est très utile pour trouver le poids d'une suite de tuyaux.

Ex.—Quel est le poids de 225 pieds de tuyaux de 10 pouces de diamètre et ¾ de pouce d'épaisseur ?

$$225 \times 79 = 17\ 775 \text{ lbs ou } 8\tfrac{3}{4} \text{ tonnes.}$$

Remarque.—Lorsqu'on prend la même unité pour les diamètres D et d et pour la longueur L, le volume V est représenté par la formule

$$V = 0.7854\ L\ (D^2 - d^2)$$

ou par celle-ci : $V = 0.7854\ L\ (D + d)\ (D - d)$

Lorsqu'on a le volume, on multiplie par le poids connu de l'unité de volume, selon la matière du conduit, et l'on obtient le poids du conduit lui-même.

On peut remarquer que le volume absolu d'un tube creux, est juste égal au volume du cylindre plein qui, pour la même longueur, aurait un diamètre égal à la corde que l'on peut tracer sur la section du tube, entre les deux circonférences, tangentiellement à la circonférence intérieure.

Dimensions des tubes en fer soudé pour les gaz, l'eau et la vapeur.

Diamètre intérieur.	Diamètre extérieur	Epaisseur	Diamètre intérieur	Circonférence intérieure	Circonférence extérieure	Longueur par pouce carré de surface intérieure	Longueur par pied carré de surface intérieure	Aire intérieure	Poids par pied.	Nombre de filets au pouce.
	Pcs	Pcs	Pcs	Pcs	Pcs	Pieds	Pieds	Pouces	lbs.	
1/8	0,40	0.068	0.27	0.85	1,27	14.15	9.44	0.057	0.24	20
1/4	0.54	0.088	0.36	1.14	1.7	10.5	7.075	0.104	0.42	18
3/8	0.67	0.091	0.49	1.55	2.12	7.67	5.657	0.192	0.56	18
1/2	1.84	0.109	0.62	1.96	2.65	6.13	4.502	0.305	0.84	14
3/4	1.05	0.113	0.82	2.59	3.3	4.64	3.637	0.533	1.13	14
1	1.31	0.134	1.05	3.29	4.13	3.66	2.903	0.863	1.67	11½
1¼	1.66	0.14	1.38	4.33	5.21	2.77	2.301	1.496	2.26	11½
1½	1.9	0.145	1.61	5.06	5.97	2.37	2.01	2.038	2.69	11½
2	2.37	0.154	2.07	6.49	7.46	1.85	1.611	3.355	3.67	11½
2½	2.87	0.204	2.47	7.75	9.03	1.55	1.328	4.783	5.77	8
3	3.5	0.217	3.07	9.64	11.00	1.24	1.091	7.388	7.55	8
3½	4	0.226	3.55	11.15	12.57	1.08	0.955	9.887	9.05	8
4	4.5	0.237	4.07	12.69	14.14	0,95	0.849	12.73	10.73	8
4½	5	0-247	4.51	14.15	15.71	0.85	0.765	15.939	12.49	8
5	5.56	0.259	5.04	15.85	17.47	0.78	0.629	19.99	14.56	8
6	6.62	0.28	6.06	19.05	20.81	0.63	0.577	28.889	18.77	8
7	7.62	0.301	7.02	22.06	23.95	0,54	0.505	38.737	23.41	8
8	8.62	0.322	7.98	25.08	27.1	0.48	0.444	50.039	28.35	8
9	9.69	0.344	9	28.28	30.43	0.42	0.394	62.633	34.08	8
10	10.75	0.336	10.02	31.47	34.77	0.38	0.355	78.838	40.64	8

Hydrodynamique.

La science qui traite du mouvement des liquides se nomme *Hydrodynamique*, et l'application de ses principes à l'art de conduire et d'élever l'eau se désigne sous le nom d'*Hydraulique*.

1. Le caractère distinctif des *liquides*, est la facilité avec laquelle ils s'étendent, et tendent sans cesse à prendre toutes les directions ; c'est ce qu'on nomme *fluidité* (facilité à couler).

2. Le *poids* de l'eau est en raison de son volume ; mais la *pres-*

sion qu'elle exerce en un point donné est en raison de la hauteur du niveau au-dessus du point considéré.

3. L'eau presse également dans toutes les directions ; et prend la forme du vase qui la contient.

4. La pression exercée par un liquide en vertu de son poids, sur les parois du vase qui le contient, dépend de la profondeur, et en même temps de la densité du liquide ; elle est indépendante de la forme du vase et de la quantité du liquide.

5. La *presse hydraulique* est une application du principe de la transmission des pressions ; l'eau ne pouvant être réduite en volume par la pression, il en résulte qu'étant pressée dans un récipient par une pompe foulante, elle force le piston à s'éloigner ; l'effort exercé sur l'eau dans l'appareil, est égal à l'effort déployé sur l'eau dans la pompe, multiplié par le nombre de fois que l'aire du piston de la presse contient l'aire du piston de la pompe.

Ex.—Quel est l'effort exercé sur un piston de presse de 6 pouces de diamètre, avec un effort de 50 livres, appliqué à un levier dont les bras sont entre eux comme 12 est à 1, le diamètre du piston de la pompe étant de $\frac{7}{8}$ de pouce ?

Aire du récipient 28.2744 pouces carrées.

Aire du piston de la pompe 0.6013 pouce carré.

Quotient de ces deux aires 47.

$$50 \times 12 \times 47 = 28\,200$$ livres, près de 12 tonnes.

6. La pression latérale de l'eau sur une paroi d'un vase qui la contient, est égale à la longueur de cette paroi multipliée par la moitié du carré de la profondeur, et par le poids de l'eau.

Ex.—Quelle sera la totale pression latérale de l'eau dans une citerne carrée de 12 pieds de côté, et de 8 pieds de profondeur ?

(Un pied cube d'eau pèse 62.5 lbs.)

$12 \times 4 = 48$ pieds, longueur totale des côtés

$$\frac{8^2}{2} = 32 \qquad \frac{48 \times 32 \times 62.5}{2000} = 48 \text{ tonnes.}$$

7. Tout corps immergé dans l'eau supporte, de bas en haut, une poussée égale au poids de l'eau qu'il déplace.

Si le corps flotte, le poids de l'eau déplacée est égal au poids du corps.

Poids de l'eau à la température ordinaire.

1 pouce cube	.03617 lbs.
12 " "	.433 "
1 pied cube	62.5 "
32 " "	1 tonne
0.16 " "	1 gallon
1 " "	6.25 gallons
200 gallons	1 tonne de 2000 lbs
1 gallon	10 lbs
1 pouce cylindrique	.02827 lbs.
12 " "	.341 "

1 pied cylindrique 49.0 lbs
1 pied cube d'eau de mer 64.11 "
Poids de l'eau douce × 1.028 = poids de l'eau de mer
31.26 pieds cubes d'eau de mer pèsent 1 tonne.
L'eau douce bout à 212°, le baromètre étant à 30 pouces.
" " " 100° dans le vide ou *vacuum*.
L'eau de mer à $\frac{1}{32}$ de sel bout à 213°,2
" " $\frac{2}{32}$ " " 214°,4
" " $\frac{3}{32}$ " " 215°,5

Ecoulement de l'eau

Lorsque l'eau s'écoule d'un réservoir par un orifice quelconque, la vitesse d'écoulemeut dépend de la hauteur du niveau de l'eau au-dessus du centre de l'orifice, et cette vitesse est proportionnelle à la racine carrée de la hauteur.

Ainsi, lorsque les trous d'écoulement sont à des profondeurs respectives de 1 pouce, 4 pouces, 9 pouces, 16 pouces, les vitesses de l'eau sont entre elles comme les nombres 1, 2, 3, 4.

Les quantités d'eau fournies dans un même temps par des orifices égaux pratiqués à ces diverses profondeurs, seront entre elles comme ces mêmes nembres 1, 2, 3, 4,.

Dans un conduit plein, la vitesse des divers filets d'eau est la plus forte au milieu ; au pourtour, le frottement la retarde ; dans un canal, la plus grande vitesse est au milieu, un peu au-dessous de la surface.

Nota.—La force d'attraction du Globe terrestre sur les corps qui sont à la surface, est ici désignée par la lettre *g*.

Les formules suivantes seront d'un grand secours pour les calculs des constructions de moulins ou autres usines.

P....Pression en livres au pouce carré.
H....Hauteur du liquide.
V....Vitesse théorique en pieds par seconde.
g....La force d'attraction du Globe terrestre.

$g = 32,2 \quad 2g = 64,4 \quad \frac{1}{2}g = 16.1 \quad 1 \div 2g = 0,0155$

$P = H \times .434$
$H = P \times 2.305$
$P = 62,5$, poids d'un peid cube d'eau.
$V = \sqrt{2gH} = 2.025\sqrt{H}$

$$H = V^2 \div 2g = .0155\ V^2$$

Une différence de niveau de ¼ pouce sur une distance d'un mille suffit pour déterminer un courant.

La vitesse moyenne de l'eau dans les tuyaux varie proportionnellement à la longueur des tuyaux.

Tableau des vitesses de l'eau

à différentes hauteurs du niveau au-dessus de l'orifice

V. . Vitesse théorique en pieds par seconde
v. . " " " " minute
H. . Hauteur du niveau

$$V = 8{,}025 \sqrt{H} \qquad v = 482 \sqrt{H}$$

H	V	v	H	V	v	H	V	v
1	8	482	15	31	1866	65	65	3886
2	11.3	681	16	32	1928	70	67	4032
3	13.9	835	17	33	1987	75	69	4174
4	16	964	18	34	2045	80	72	4311
5	18	1078	19	35	2100	85	74	4443
6	19.7	1180	20	36	2155	90	76	4573
7	21	1275	25	40	2410	95	78	4698
8	23	1363	30	44	2640	100	80	4820
9	24	1446	35	47	2851	125	90	5389
10	25	1524	40	51	3048	150	98	5903
11	26.5	1598	45	54	3233	200	113	6816
12	28	1669	50	57	3408	250	127	7621
13	29	1737	55	59	3574	300	139	8348
14	30	1803	60	62	3733	350	156	9017

La quantité d'eau écoulée, dans un même temps, par des orifices de même grandeur et situés à une même profondeur, varie suivont la forme de l'orifice ; la forme ronde est la meilleure.

Pouvoirs d'eau

MOTEURS HYDRAULIQUES

On distingue sept sortes de roues à eau :

Roues à cuvettes
" à coquilles
" pendantes
" en dessous par impulsion
" en dessous par pression
" de côte ou à réaction
" en-dessus

Ces roues se divisent en trois classes,

La première classe comprend la roue en-dessus, la roue à réaction, et la roue à coquilles.

La deuxième classe comprend les roues pendantes, en-dessous par pression, et celles qui reçoivent l'eau au-dessous du niveau de leur axe.

La troisième classe comprend les roues en-dessous par impulsion, et les roues à cuvettes

Les expériences les plus récentes et les mieux dirigées sur chaque sorte de roue, sont celles de MM. Poncelet et Morin en France ; les résultats ont été comme suit, quant à la valeur du rapport du travail transmis au travail reçu :

Roues en dessus, de 0,60 à 0,80
Roues en dessous par pression, de 0,45 à 0,50
Roues en dessous par impulsion, de 0,27 à 0,30

Ces nombres sont nommés *coefficients de rendement.*

Force effective de cheval pour différents moteurs.

Pouvoir théorique	1.00
Roue en dessus	.68
Turbine	.70
Haute roue en dessous par pression	.60
Basse roue " "	.55
Roue en dessous de Poncelet	.60
" " par impulsion	35

La vitesse au périmètre d'une roue en dessous doit être égale à la vitesse due à la hauteur du niveau de l'eau, multipliée par 0.57, soit 0,57 V (Voir la table).

Pour trouver le pouvoir d'un cours d'eau :

Règle.—Multipliez le poids de l'eau écoulée dans une minute par la hauteur de la chute en pieds ; et divisez par 33 000 ; le quotient sera l'expression de la puissance en chevaux.

Ex.—Quel est le pouvoir d'un cours d'eau de 22 pouces de largeur, 12 pouces de profondeur, avec une vitesse de 350 pieds par minute, et une chute totale de 60 pieds ? quel devrait être le diamètre de la roue en dessus appliquable à ce cours d'eau ?

$(350 \times 12 \times 12 \times 22 \div 1728 \times 625.60 \times) \div 33\,000 = 72.9$ chevaux

Hauteur de la chute 60 pds ; allouant 15 pouces pour l'admission de l'eau et l'espace nécessaire au bas : $60 \div 1.25 = 58.75$ pieds de diamètre.

Pour les chutes qui n'excèdent pas 4 pieds, la roue en dessous par impulsion doit être appliquée ; pour les chutes de 4 à 10 pieds, on prendra la roue en dessous par pression ; au delà de 10 pieds, on prend la roue en dessus.

Pour trouver le pouvoir d'une roue hydraulique :

Règle.—Multipliez la vitesse du périmètre de la roue en pieds, par minute, par le poids de l'eau écoulée dans le même temps ; divisez le produit par le coefficient de rendement ; le quotient représentera la puissance mécanique de la roue, exprimé en chevaux.

Coefficient	1re Classe de roues		47 190
	2me Classe	"	69 300
	3me Classe	"	115 500

Ou bien : multipliez la vitesse du périmètre de la roue en pieds par minute, par le nombre de pieds cubes d'eau écoulés dans le même temps ; multipliez le produit par le nombre décimal équivalent ; ce dernier produit sera le pouvoir effectif de la roue, exprimée en force de chevaux.

Ex.—Quel est le pouvoir d'une roue en dessus recevant 95 pieds cubes d'eau par minute, la vitesse du périmètre de la roue étant de 6 pieds par seconde, ou 360 pds par minute ?

$$\text{1re règle : } \frac{360 \times 95 \times 62{,}5}{47190} = 45{,}29 \text{ chevaux}$$

2me règle : $360 \times 95 \times .001325 = 45{,}29$ chevaux

L'effet est égal à la quantité d'eau multipliée par la hauteur de chute.

Le poids de l'eau dons les augets d'une roue en dessus, est obtenu en multipliant les $\frac{3}{8}$ de leur nombre, par le nombre de pieds cubes contenus dans chacun des augets ; le produit doit être multiplié par 40.

Décimales équivalentes	Roues de 1re Classe	.001 325
	" 2me Classe	.000 902
	" 3me Classe	.000 541

La puissance d'une chute d'eau est à l'effet qu'on en tire par une roue en dessus, comme 10 est à 6,6. Alors le pouvoir d'une roue de 55 pieds serait donné par la proportion :

10 : 6,6 :: 55 : 36,3 chevaux.

Pouvoir d'une roue en dessous, lorsque tout le cours d'eau est employé :

Règle.—Trouvez, par les règles précédentes, le poids de l'eau écoulée dans une minute, et divisez par 100 000 ; le quotient sera le nombre de chevaux.

Nota. Le nombre 100 000 est ainsi obtenu : le pouvoir du cours d'eau appliqué à une roue en dessous produit un effet de 3.3 pour 10, ainsi, 3,3 : 10 :: 33 000 : 100 000.

Quand l'orifice est au-dessus du centre des aubes, multipliez le poids de l'eau par la hauteur, comme pour les roues en dessus.

Ex.—Quel est le pouvoir d'une roue en dessous par impulsion, appliquée à une chute d'eau de 25 pieds, avec une section de 80 pouces sur 2 pouces ?

$\sqrt{25}=5$ $5 \times 6.5 \times 60 = 1950$ pieds, vitesse réelle de l'eau par minute

$2 \times 80 = 160$ pouces

$160 \times 1950 \times 12 \div 1728 = 2166{,}6$ pieds cubes

$2166{,}6 \times 62{,}5 = 135\,412$ livres d'eau écoulée par minute

$135\,412 \div 100\,000 = 1{,}35$ cheval

Nota. Le maximum (ou la plus grande valeur) du pouvoir dé-

ployé par une roue, est obtenu lorsque la vitesse du périmètre de la roue est égale à la moitié de celle du cours d'eau.

L'effet du pouvoir appliqué à une roue en dessous, est en moyenne la moitié de celui d'une roue en dessus.

Pouvoir d'une roue en dessous par pression (*breast wheel*).

RÈGLE.—Ajoutez à l'effet de la chute, l'effet d'une roue en dessus dont la chute est égale à la distance du bas du coursier au point de décharge ; la somme ainsi obtenue sera la réponse.

Ex.—Quel sera le pouvoir d'une roue en dessous par pression, appliquée à un cours d'eau ayant une section de 2 pouces sur 80, avec 14 pieds de chute, de la surface au bas du coursier, le reste de la chute étant de 11 pieds ?

$\sqrt{14}=3,74$ $\quad 3,74\times6,5\times60=1458,6$ pieds, vitesse par minute
$1458\times12\times2\times80\div1728=1620$ pieds cubes
$1620\times62,5=101250$ livres d'eau écoulées par minute
$101\,250\div100\,000=1,012$ cheval pour l'effet de la roue en dessous ; résultat de la première opération.

$\sqrt{11}=3,3166$ $\quad 3,3166\times6,5\times60=1290$, vitesse en pieds par minute
$1290\times12\times2\times80\div1728=1433$ pieds cubes
$1433\times62,5=89\,562$ livres d'eau écoulées par minute
$11\times89562\div50000=19,703$

$19,703+1,012=20,715$ chevaux

Le principal obstacle à l'usage des roues en dessus, est leur grandeur énorme, leur poids, leur prix élevé, la perte de travail resultant des frottements, dans les engrenages requis pour obtenir la vitesse indispensable aux opérations les plus ordinaires.

Les dernières améliorations faites aux turbines et aux roues à cuvettes, les font préférer aux roues en dessus, elles ont aussi l'avantage d'occuper moins d'espace.

Les turbines Fourneyron, de Lippell et Poncelet, sont les plus estimées.

Turbines à haute pression

h.... Hauteur de la chute d'eau
Q.... Quantité en pieds cubes par seconde par 10 F C
V.... Vitesse de la turbine à son périmètre en pieds par seconde

h=	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200
Q=	4.2	3.1	2.5	2.1	1.8	1.6	1.4	1.27	1.05	0.9	.8	.7	.63
V=	36	42	47	51	55	59	63	66	73	78	84	89	94

Aqueducs

1 gallon d'eau =0.16 pied cube, très près.
1 pied cube =$6\frac{1}{4}$ gallons " "

Consommation de l'eau dans les villes :

De 20 à 30 gallons par tête et par jour dans les villes manufacturières ;

De 16 à 20 gallons par tête et par jour dans les autres villes.

La plus grande demande est environ $2\frac{1}{2}$ fois la moyenne.

En moyenne les $\frac{6}{10}$ de la pluie peuvent être conservés.

Engins à pomper

G....Nombre de gallons élevés dans 24 heures.
H....Nombre de pieds cubes dans 24 heures.
h....Hauteur en pieds à laquelle l'eau doit être élevée.
F.C...Force de cheval requise.

Règle.—Multipliez le nombre de gallons à élever en 24 heures par la hauteur en pieds à laquelle l'eau doit être élevée, et divisez le produit par 4 752 000 ; le quotient sera le nombre de forces de chevaux.

$$\frac{G \times h}{4\ 752\ 000} = F.C$$

Ou multipliez le nombre de pieds cubes à élever par la hauteur en pieds à laquelle l'eau doit être élevée, et divisez le produit par 762 088, le quotient sera la réponse.

$$\frac{H \times h}{762\ 088} = F.C$$

A la puissance ainsi trouvée, il faut ajouter 20 pour cent, pour surmonter les frottements ; il convient d'ajouter encore 50 à 60 pour cent pour s'éloigner du cas de rupture, ce qui fait un total de 70 à 80 pour cent de puissance additionnelle.

Le *maître conduit* doit être assez grand pour fournir le double de la quantité moyenne.

Pour trouver le diamètre d'une pompe à simple action.

Règle.—Divisez le nombre de gallons requis par minute par le produit de trois nombres, savoir : la longueur de la course du piston, le nombre de coups à la minute, et le nombre constant 0.034 ; la racine carrée du résultat sera le diamètre de la pompe.

$$\sqrt{\frac{G}{0.034\ LN}} = D$$

Ou bien : divisez le nombre de pieds cubes requis par minute, par le produit de trois nombres, savoir : la longueur de la course du piston, le nombre de coups à la minute, et le nombre constant 0.00545 ; la racine carrée du résultat sera le diamètre.

$$\sqrt{\frac{H}{0.00545\ LN}} = D$$

L....Longueur de la course du piston.
G....Nombre de gallons requis par minute.
H....Nombre de pieds cubes " "
N....Nombre de coups de piston par minute.
D....Diamètre de la pompe en pouces.

Nota.—Ces formules donnent le juste diamètre ; il est d'usage de l'augmenter de $\frac{1}{4}$ de sa valeur pour faire la part des fuites.

Nombres utiles pour le calcul des pompes :

D....Diamètre de la pompe, en pouces.
C....Course du piston, en pouces.

$D^2C \times .7854 =$ nombre de pouces cubes.
$D^2C \times .002827 =$ " gallons.
$D^2C \times .000454 =$ " pieds cubes.
$D^2C \times .02827 =$ " lbs d'eau douce.

Pression dans les tuyaux en fonte

Pour trouver l'épaisseur nécessaire pour supporter une pression donnée :

Règle 1.—Multipliez la hauteur de l'eau par le diamètre intérieur du tuyau, et par 0,000 054 ; ajoutez à ce produit 0,37 ; le résultat sera l'épaisseur en pouces, ou fractions de pouces.

Ex.—Trouvez l'épaisseur que doit avoir un tuyau en fonte de 9 pouces de diamètre, pour supporter la pression résultant d'une hauteur de 200 pieds ?

$$200 \times 9 = 1800$$
$$0.000054 \times 1800 = .0972$$
$$0.0972 + 0.37 = 0.4672$$

Règle 2.—Multipliez la pression au pouce carré, par le diamètre intérieur du tuyau, et par 0.000 125 ; le résultat plus 0.37 sera la réponse.

Ex.—Trouvez l'épaisseur que doit avoir un tuyau en fonte, de 9 pouces de diamètre, pour supporter une pression de 86.6 livres par pouce carré.

$$86.6 \times 9 = 779.4$$
$$0.000\ 125 \times 779.4 = 0.0974$$
$$0.0974 + 0.37 = 0.4674$$

Les épaisseurs obtenues par ces règles peuvent soutenir une épreuve du double de la pression, ou de la hauteur.

Le nombre à ajouter au résultat du premier calcul varie avec le diamètre du tuyau.

Formules

H....Hauteur du niveau de l'eau.
P....Pression de l'eau en livres, par pouce carré.
d....Diamètre intérieur du tuyau, en pouces.
t....Epaisseur du métal ; *x*....épaisseur à ajouter.

$P = 0.433H$
$t = 0.000\ 054\,Hd + x$
$t = .000\ 125\ Pd + x$

$x = 0.37$ pour les tuyaux de moins de 12 pcs de diamètre ;
$x = 0.50$ pour les tuyaux de 12 à 30 pouces.
$x = 0.60$ pour les tuyaux de 30 à 50 pouces.

Epaisseur des tuyaux

Pour supporter une pression de 200 pieds.

Diamètre intérieur.	Epaisseur du métal.	Poids par 10 pieds.	Diamètre intérieur.	Epaisseur du métal en fer.	Poids en lbs par 10 pds.
3	$\frac{5}{16}$	120	9	$\frac{7}{16}$	426
4	$\frac{5}{16}$	171	10	$\frac{1}{2}$	514
5	$\frac{3}{8}$	198	11	$\frac{1}{2}$	564
6	$\frac{3}{8}$	234	12	$\frac{9}{16}$	711
7	$\frac{3}{8}$	271	14	$\frac{5}{8}$	896
8	$\frac{7}{16}$	373	16	$\frac{11}{16}$	1135

La vitesse de l'eau dans les tuyaux des aqueducs ne doit pas dépasser 400 pieds par minute ; dans les tuyaux des machines à vapeur, la vitesse peut s'élever sans danger jusqu'à 500 pieds par minute.

L'aire des valves d'une pompe ne doit jamais être moindre que le quart de l'aire de la pompe.

EXERCICES

Quel sera le temps requis pour remplir une citerne de 45 pieds de longueur 18 pieds 4 pouces de largeur, et 6 pieds de profondeur, par une pompe à double effet, le cylindre ayant $4\frac{3}{4}$ pouces de diamètre, la course de la pompe étant de 10 pouces, avec $\frac{1}{5}$ de vide à chaque coup de piston, et la vitesse de 130 révolutions par minute ?

$3\frac{3}{4}^2 \times .7854 \times 16 \times 130 = 36\ 157.6$ pouces cubes.

$36\ 857.6 \div 1728 = 21.33$ pieds cubes par minute.

Capacité de la citerne $45 \times 18.334 \times 6 = 4950$

4950 ÷ 21.33 = 232 minutes. 232 ÷ 60 = 3 heures et 25 minutes.

Si la citerne était épuisée par une pompe centrifuge en 70 minutes, combien de tonnes par minute cette pompe aurait-elle enlevées ? (Comptez ici la tonne de 2000 livres.)

Capacité de la citerne 4950 pieds cubes

4950 ÷ 32 = 154.7 tonnes   154 7 ÷ 70 = 2.21 environ.

Si une pompe épuise une citerne en 3 heures, et si une autre pompe épuise la même citerne en 10 heures, combien de temps faudra-t-il aux deux pompes ensemble pour épuiser la citerne ?

La première pompera $\frac{1}{3}$ de la citerne par heure.

La seconde pompera $\frac{1}{10}$ de la citerne par heure.

Les deux ensembles pomperont, par heure, $\frac{1}{3} + \frac{1}{10}$, ou $\frac{3}{30} + \frac{10}{30}$ ou $\frac{13}{30}$.

Donc le temps requis sera $\frac{30}{13}$ d'heure, ou 2 heures 18 minutes $27\frac{9}{13}$ secondes.

Afin d'éviter la réduction des fractions à un commun dénominateur on opère comme suit :

On additionne 3 et 10, ce qui donne 13 ;

On multiplie 3 par 10 ce qui donne 30 ;

30 ÷ 13 = 2 hrs 18 minutes $27\frac{9}{13}$ secondes.

Règle approximative très courte, pour trouver la quantité d'eau enlevée par les pompes d'épuisement de cales de vaisseaux :

Faire le carré du diamètre, et diviser par 2.

Ex.—Quel sera le poids de l'eau enlevée par heure par deux pompes, dont les diamètres sont 3 pouces et $4\frac{1}{2}$ pouces ?

$\frac{1}{2}(3 \times 3) = 9 \div 2 = 4,5$

$\frac{1}{2}(4.5 \times 4.5) = 20.25 \div 2 = 10.125$

somme........................14.635

Un orifice d'un pouce carré à $1\frac{1}{4}$ pied de profondeur au-dessous du niveau de l'eau, donne issue à 5 tonnes d'eau par heure. A quelle profondeur sera une fuite de 3 pouces carrés en superficie pour écouler 34 tonnes par heure ? (tonne de 2240 livres)

Règle.—20 × la profondeur = (tonnes par heure par pouce carré) élevées au carré.

pcs carrés 3)34 tonnes par heure.

11.33

11.33 tonnes par heure par pc carré

3399
3399
1133
1133

20)128,3689 (tonnes par heure au carré)

6.41844 pieds de profondeur

Nota.—20 est un nombre constant.

Ex.—A quelle profondeur se trouve une ouverture de 4 pouces carrés de superficie, pour donner 37 tonnes d'eau par heure ?

Rép. 4. 278 pieds.

Ex.—A quelle profondeur se trouve le trou qui donnera 29 tonnes d'eau par heure, le trou ayant $3\frac{1}{2}$ pouces carrés de superficie ? Rép. 3,432 pieds

Ex.—Combien de tonnes d'eau par heure pourra donner un trou de $\frac{7}{8}$ pouce de diamètre, à une profondeur de 16 pieds au-dessous du niveau ?

Par la règle précédente, les tonnes par heure et par pouce carré sont données par la formule.... $\sqrt{16 \times 20} = 17,8885$.

Aire en pouces carrés, du trou de $\frac{7}{8}$ de pouce :

$$\frac{7}{8} \times \frac{7}{8} \times .7854 = .6013$$

17,8885 tonnes × .6013 = 10,75 tonnes

La tonne anglaise × 1,12 égale la tonne canadienne
La tonne canadienne × .893 égale la tonne anglaise

Projection de l'eau ou jet d'eau

Hauteurs auxquelles l'eau peut être lancée par un jet à différentes pressions

Pression au pouce carré	Hauteur équivalente de chute	Hauteur du jet	Proportion de compression de l'air dans le récipient
lbs	pieds	pieds	
30	68	33	.5
45	102	66	.33
60	136	99	.25
75	170	132	.2
90	204	165	.17
105	238	198	.14
120	272	231	.125
150	340	297	.1

Dilatation de l'eau

En gelant, l'eau se dilate de 0.089 ou 1 ÷ 11,24 de son volume. De 40° à 12° elle se dilate de 0.00236 de son volume ; et de 40° à 212, elle se dilate de 0,00023325 pour chaque degré ; son volume augmente (de 40° à 212°) de 1 ÷ 0,04012 ou 1 pied cube par 24,92.
Un pied cube de glace pèse 57,25 livres.

Roues dentées.

Force des dents, en fonte.

L.... Largeur de la dent.
P.... Pas de la dent, ou distance de centre en centre.

V....Vitesse à la ligne du pas en pieds par seconde.
F....Force de cheval que la roue peut transmettre.

$$F=,06.P^2VL \qquad P=\sqrt{\frac{F}{.06\ VL}}$$

PROPORTION DES DENTS

De la ligne du pas au dehors, égale	le pas	× 0.33
Profondeur totale de la dent, "	le pas	× 0.75
Epaisseur à la ligne du pas, "	le pas	× 0.45
Espace entre deux dents, ligne du pas, égale	le pas	× 0.55
Epaisseur de la dent, égale	le pas	× 0.45
Epaisseur des bras plats égale	le pas	× 0.45
Largeur ordinaire des dents pour les roues à petites dents, égale	le pas	× 2
Pour les roues à grosses dents égale	le pas	— 3

Les roues à mortaises sont plus larges que les autres de deux fois l'épaisseur de la jante ; ou la marche × 0.9

La jante doit être le double de l'épaisseur des roues tout en fonte.

L'épaisseur *autour du centre* = marche × 1.3

Pour trouver le diamètre de la marche d'une roue dentée :

Règle :—Multipliez le pas en 32es de pouce par le nombre de dents, et divisez le produit par 100 ; le quotient sera le diamètre.

Ex.—Quel sera le diamètre d'une roue de 50 dents, avec une marche de 1½ pouce ?

$$1\tfrac{1}{2}=\tfrac{48}{32} \qquad \frac{48\times 50}{100}=42 \text{ pouces}$$

D....Diamètre en pouces.
P....Pas en 32es
N....Nombre de dents

$$D=\frac{PN}{100} \qquad P=\frac{D\times 100}{N} \qquad N=\frac{D\times 100}{P}$$

Pour trouver le nombre de dents, ou bien le diamètre d'une roue pour une vitesse donnée, connaissant la vitesse ou le nombre de dents de l'autre roue ou poulie :

Règle :—Multipliez le nombre de dents ou le diamètre par la vitesse de la plus grande roue, et divisez le produit par la vitesse de l'autre ou par son diamètre ; le quotient sera le nombre de dents, ou bien le diamètre.

Ex. 1.—La vitesse d'une roue de 120 dents est de 30 révolutions par minute ; quel sera le nombre de dents d'une autre roue qui fera 300 révolutions dans le même temps ?

$$\frac{120 \times 30}{300} = 12 \text{ dents}$$

Ex. 2.—Avec une poulie de 37 pouces de diamètre faisant 45 révolutions par minute, quel devra être le diametre d'une autre roue devant taire 28 révolutions dans le même temps ?

$$\frac{37 \times 45}{28} = 59.46$$

Ex. 3.—Une poulie de 15 pouces de diamètre faisant 200 révolutions par minute, quel sera le nombre de révolutions d'une autre roue de 50 pouces diamètre ?

$$200 \times 15 \div 50 = 60 \text{ révolutions.}$$

Marche ou *pas* de force égale pour les dents des roues de différents métaux :

Marche pour la fonte = 1.00
" " laiton = 1.12
" " bois = 1.26

Règle pour le changement nécessaire des roues d'un tour, pour couper un nombre de filets voulu.

N....Nombre de filets au pouce
P....Pas de la vis qui commande l'outil.
S....Nombre des dents de la roue du mandrin du tour.
W....Nombre de dents de la roue qui engrène avec *S*
Y....Nombre de dents du pignon sur l'arbre de W
T....Nombre de dents de la roue qui commande la vis.

$$N = \frac{PTW}{SY} \qquad W = \frac{NSY}{PT}$$

Pour trouver le nombre de filets au pouce, avec les tours où l'on n'emploie que trois roues pour couper les filets des vis :

Règle.—Multipliez le nombre de filets que l'on veut avoir au pouce, par le nombre de dents de la roue sur le mandrin du tour et divisez le produit par le nombre de filets au pouce de la vis qui commande l'outil ; le quotient sera le nombre de dents que doit avoir la roue sur la vis motrice.

Ex.—Pour couper 8 filets au pouce, avec une roue de 30 dents sur le mandrin du tour, avec une vis qui commande 2 filets au pouce, quel sera le nombre de dents requis dans la roue sur la vis ?

$$30 \times 8 = 240 \qquad 240 \div 2 = 120 \text{ dents}$$

Pour trouver le nombre de dents de la roue sur le mandrin :

Règle.—Multipliez le nombre de dents de la roue sur la vis

par le pas de la vis ; divisez le produit par le nombre de filets demandés au pouce.

Ex.—Avec un pas de vis de 2 au pouce, commandé par une roue de 110 dents, quel sera le nombre de dents requis pour la roue sur le mandrin, pour avoir 5½ filets au pouce ?

$$110 \times 2 = 220 \qquad 220 \div 5.5 = 40 \text{ dents}$$

NOTA —*La roue intermédiaire ne fait que transmettre le pouvoir dent pour dent.*

Lorsque le nombre de filets au pouce doit être considérable, cette circonstance nécessite la multiplication des roues ; dans ce cas les formules précédentes ont leur application.

Ex. 1—Quel sera le nombre de filets obtenu de la combinaison suivante : 80 dents à la roue sur la vis motrice, 20 dents au pignon qui commande cette roue ; 75 dents à la roue sur le même axe, ou celle qui reçoit le pouvoir de celle du mandrin, et 60 dents à la roue sur le mandrin ?

N. . Nombre de filets cherché. . x

P = 2, nombre de filets en pouce de la vis motrice

T = 80	W = 75
Y = 20	S = 60

$$\text{formule } N = \frac{PTW}{SY}$$

$$80 \times 75 = 6000 = TW$$
$$60 \times 20 = 1200 = SY$$
$$6000 \div 1200 = 5$$
$$5 \times 2 = 10 \text{ filets} = N$$

Ex 2.—Quel devra être le nombre de dents du pignon qui commande la roue de la vis, avec la combinaison suivante : 130 dents à la roue sur la vis de deux au pouce, 90 dents à la roue sur la mandrin, et 90 à la roue qui reçoit le pouvoir de celle du mandrin ?

$$\text{Formule } \frac{PTW}{NS} = Y$$

N = 13 filets au pouce	Y = x
P = 2	W = 90
T = 130	S = 90

$$130 \times 2 \times 90 = 23400 = PTW$$
$$90 \times 13 = 1170 = SN$$
$$23400 \div 1170 = 20 \text{ dents} = Y$$

Ex, 3.—Quel sera le nombre de dents requis de la roue sur la vis motrice, avec la combinaison suivante : 60 dents à la roue du mandrin, 100 dents à la roue qui reçoit le pouvoir de celle du mandrin, 20 dents au pignon sur le même axe que la roue de 100

dents, pour couper 20 filets au pouce, la vis motrice ayant 2 filets au pouce ?

$$\text{Formule } T = \frac{NSY}{PW}$$

$$N = 20 \qquad W = 100$$
$$S = 60 \qquad T = x$$
$$Y = 20 \qquad P = 2$$
$$60 \times 20 \times 20 = 24\,000 = NSY$$
$$100 \times 2 = 200 = WP$$
$$24\,000 \div 200 = 240 \div 2 = 120 \text{ dents} = T$$

Ex 4.—Quel sera le nombre de dents requis à la roue qui reçoit le pouvoir de celle du mandrin, avec la combinaison suivante : 60 dents à la roue sur le mandrin, 95 à la roue sur la vis motrice, 20 au pignon qui commande cette dernière, pour avoir $14\frac{1}{4}$ filets au pouce, la vis motrice en ayant 2 ?

$$NSY \div PT = W$$

$$N = 14\tfrac{1}{4} \qquad Y = 20$$
$$S = 60 \qquad T = 95$$
$$W = x \qquad P = 2$$

$$14{,}25 \times 60 \times 20 = 17\,100 \qquad 95 \times 2 \quad 190$$
$$17\,100 \div 190 = 90 \text{ dents} = W$$

Angle des filets en V....55 degrés.
Profondeur égale au pas.
Nombre des filets carrés : la moitié du nombre des filets en V.

Table des Vis de Whitworth

Nombre de filets en V au pouce.

Diamètre en pouces	Nombre de filets.	Diamètre en pouces.	Nombre de filets.	Diamètre en pouces.	Nombre de filets.	Diamètre en pouces.	Nombre de fielts.	Diamètre en pouces.	Nombre de filets.	Diamètre en pouces.	Nombre de filets.
$\frac{3}{16}$	24	$\frac{5}{8}$	11	$1\frac{3}{8}$	6	$2\frac{1}{4}$	4	$3\frac{3}{4}$	3	$5\frac{1}{4}$	$2\frac{5}{8}$
$\frac{1}{4}$	20	$\frac{3}{4}$	10	$1\frac{1}{2}$	6	$2\frac{1}{2}$	4	4	3	$5\frac{1}{2}$	$2\frac{5}{8}$
$\frac{5}{16}$	18	$\frac{7}{8}$	9	$1\frac{5}{8}$	5	$2\frac{3}{4}$	3	$4\frac{1}{4}$	$2\frac{7}{8}$	$5\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$
$\frac{3}{8}$	16	1	8	$1\frac{3}{4}$	5	3	3	$4\frac{1}{2}$	$2\frac{7}{8}$	6	$2\frac{1}{2}$
$\frac{7}{16}$	14	$1\frac{1}{8}$	7	$1\frac{7}{8}$	$4\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{4}$	$3\frac{1}{4}$	$4\frac{3}{4}$	$2\frac{3}{4}$		
$\frac{1}{2}$	12	$1\frac{1}{4}$	7	2	$4\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{4}$	5	$2\frac{3}{4}$		

Le diamètre d'une vis sans fin doit être te que l'angle du filet ne dépasse pas 10 degrés, lorsqu'elle est appliquée à transmettre le pouvoir à une roue, et qu'il ne soit pas moindre de 45 degrés lorsqu'elle reçoit le pouvoir d'une roue.

TABLE

Pour le change des roues pour couper les vis, la vis motrice ayant ½ pouce, soit 2 filets au pouce.

Nombre de filets au pouce.	Nombre de dents.				Nombre de filets au pouce.	Nombre de dents.			
	Mandrin du tour.	Roue qui reçoit du mandrin.	Pignon qui commande la roue de la vis.	Vis Motrice.		Mandrin du tour.	Roue qui reçoit du mandrin.	Pignon qui commande la roue de la vis.	Vis motrice.
1	80			40	13¾	80	100	20	130
1¼	80			50	14	90	90	20	140
1½	80			60	14½	60	90	20	95
1¾	80			70	15	90	90	20	150
2	80			80	16	60	80	20	120
2¼	80			90	16¼	60	90	20	130
2½	80			100	16½	80	110	20	120
2¾	80			110	17	45	85	20	90
3	80			120	17½	80	100	20	140
3¼	80			130	18	40	60	20	120
3½	80			140	18¾	80	100	20	150
3¾	80			150	19	50	95	20	100
4	40			80	19½	80	120	20	130
4¼	40			85	20	60	100	20	120
4½	40			90	20¼	40	90	20	90
4¾	40			95	21	80	120	20	140
5	40			100	22	60	110	20	120
5½	40			110	22½	80	120	20	150
6	40			120	22¾	80	130	20	140
6½	40			130	23¾	40	95	20	100
7	40			140	24	65	120	20	130
7½	40			150	25	60	100	20	150
8	30			120	25½	30	85	20	90
8¼	40	55	20	60	26	70	130	20	140
8½	90	85	20	90	27	40	90	20	120
8¾	60	70	20	75	27½	40	100	20	110
9	80	90	20	80	28	75	140	20	150
9½	90	90	20	95	28½	30	90	20	95
9¾	40	60	20	65	30	70	140	20	150
10	60	75	20	80	32	30	80	20	120
11	60	55	20	120	33	40	110	20	120
12	90	90	20	120	34	30	85	20	120
12¾	60	85	20	90	35	60	140	20	150
13	90	90	20	130	36	30	90	20	120
13½	60	90	20	90					

TABLE

Des écrous hexagones égaux en force aux boulons

Diamètre des boulons	Largeur de l'écrou	Epaisseur	Diamètre des boulons	Largeur de l'écrou	Epaisseur	Diamètre des boulons	Largeur de l'écrou	Epaisseur
1/4	1/2	1/4	1 3/8	2 7/16	L'épaisseur de l'écrou égale le diamètre du boulon	2 1/2	4 7/16	L'épaisseur de la tête égale le diamètre du boulon
3/8	11/16	3/8	1 1/2	2 11/16		2 5/8	4 5/8	
1/2	7/8	1/2	1 5/8	2 7/8		2 3/4	4 11/16	
5/8	1 1/16	5/8	1 3/4	3 1/8		2 7/8	5 1/8	
3/4	1 5/16	3/4	1 7/8	3 3/8		3	5 3/8	
7/8	1 9/16	7/8	2	3 9/16		3 1/4	5 7/8	
1	1 3/4	1	2 1/8	3 3/4		3 1/2	6 5/16	
1 1/8	2	1 1/8	2 1/4	4		3 3/4	6 3/4	
1 1/4	2 1/4	1 1/4	2 3/8	4 1/4		4	7 1/8	

Dimensions des centres des roues et poulies selon les arbres.

Diamètre de l'arbre	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/4
Diam. du centre pour roues	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/4	5 1/2	6
Diam. " " " poulies	3 1/4	3 1/2	3 3/4	4 1/4	4 3/4	5	5 1/2

Remarque.—Le mot *centre* indique ici ce que l'on nomme encore le *moyeu* d'une roue montée sur un arbre. L'épaisseur du moyeu est à peu près égale au rayon de l'arbre ; on le fait un peu plus fort s'il s'agit de petits engrenages. La longueur du moyeu égale 1 fois à 1 fois ½ la largeur de la couronne de la roue.

Les roues sont généralement montées sur des *arbres* en bois, en fonte ou en fer, dont les extrémités, appelées *tourillons*, s'appuient sur des supports. On calcule les diamètres des tourillons d'après le poids qu'ils doivent supporter, et d'après la résistance qu'ils doivent opposer à la *torsion*. La longueur des tourillons dépasse leur diamètre de 2 à 5 dixième de sa valeur ; on donne même une plus grande longueur lorsqu'il s'agit de tourillons en fer.

Alliages

PROPORTIONS

ALLIAGES	Etain	Cuivre	Zinc	Antimoine	Plomb	Bismuth
Brass Laiton pour coussinets de machines	13	112	¼	...	...	...
" Laiton tenace " " "	15	100	15	...	...	...
Laiton jaune pour tourner	...	2	1	...	...	...
" pour résister à braser	...	32	1	...	1	...
Métal pour cloches, ou airain	5	16	...	...	...	...
Métal de Babbitt, antifriction	10	1	...	1	...	...
" pour boîtes à étoupes	16	130	1	...	...	...
" de Muntz	...	6	4	...	...	...
" qui se dilate en refroidissant	...	...	...	2	9	1
" pour robinets, boîtes et roues	1	8	...	...	...	...
Bronze à statues	2	90	5	...	2	...
Métal pour caractères d'imprimerie	...	...	...	1	3	...
Spelter, Métal à braser	...	1	1	...	...	...
Métal pour coussinets de Locomotives	7	64	...	...	...	...
Métal pour valves et tiroirs	1	10	...	...	...	...
Bronze des canons	1	9	...	...	...	...

Composition propre à souder les métaux pour faciliter la fusion.

Pour ferblantiers, plombiers, etc.	Etain	Cuivre	Zinc	Antimoine	Plomb
Pour souder le plomb	1	...	...		1½
" " l'étain	1	...	...	...	2
" braser très dur	...	3	1	...	....
" ,, moyen	...	1	1	...	....
" ,, mou	...	4	3	...	....
" ,, très mou	2	...	...	1	....

Pour le zinc.............Chlorure de zinc
Pour le ferblanc........Résine ou chlorure du zinc
Pour bronze ou cuivre..Sel ammoniac, chlorure de zinc
Pour plomb..............Suif ou résine
Pour tuyaux de plomb..Résine ou huile d'olive
Pour fer ou acier.......Borax ou sel ammoniac

RECETTES D'ATELIERS

Pour souder l'acier à la forge :
1 de sel ammoniac et 10 de borax, pulvérisés ensemble, ensuite fondus liquide, refroidis et pulvérisés de nouveau.

Joints en ciment métallique (prompts) :

1 de sel ammoniac, 2 de soufre en poudre, 80 de tournure de fonte, avec assez d'eau pour faire une pâte.

Joints métalliques (lents) :

2 de sel ammoniac.
1 de soufre.
200 de tournure de fonte
Ce dernier ciment est le meilleur, si le joint n'est pas immédiatement requis.

Ciment mastic

1 de blanc de plomb.
1 de rouge de plomb, mélangé avec de l'huile de lin bouillie, pour faire le mastic.

Autre ciment mastic

1 de blanc de plomb.
1 de rouge de plomb.
4 de chaux pulvérisée, ou ciment de *Portland*, avec de l'huile de lin bouillie pour faire le mastic.

Trempe de l'acier

Couleur	Usages	temperature fah.	Point de fusion des alliages à même température	
			étain	Plomb
Paille pâle	Outils à tourner les métaux	430°	1	$1\frac{3}{4}$
Paille rousse	Outils à bois, pas, *taps* de filière	470°	1	$2\frac{1}{2}$
Jaune brun	Haches, burins, ciseaux	500°	1	$4\frac{3}{4}$
Violet brun	Ressorts	550	1	12

Pour rendre l'acier bien tranchant, on fait la trempe dans une égale quantité de saumure et de vinaigre.

Pour amollir le fer ou l'acier, on les laisse devenir froids par

eux-mêmes, dans un mélange en quantités égales de chaux et d'alun pulvérisés.

Pour durcir le fer :

Placez les articles à faire durcir dans une boîte de fer, avec de la corne, des os moulus, et du vieux cuir ; ensuite faites-les rougir couleur de sang, et amortissez dans l'eau froide.

Mélanges pour durcir le fer :

2 de prussiate de potasse, et 1 de sel ammoniac.

Ou bien : 2 de sel ammoniac, 2 d'os moulus, et un de prussiate de potasse ; faites rougir le fer au rouge clair, frottez-le de ce mélange, et amortissez.

Remarques sur la qualité du Fer

Un fer tendre et tenace se casse difficilement ; s'il est cassé lentement, il donne une fibre longue et soyeuse, d'une nuance d'un gris bleu.

Le fer qui donne à la casse un grain uniforme et fibreux, est d'une bonne qualité.

Le fer mal rafiné présente une fracture d'un grain terne, et une fibre très courte.

Un fer à grain très fin est sec, et facile à casser à froid.

Un fer à gros grain, qui montre une fracture brillante, cristallisée et tachetée, est sec, facile à se casser à froid, et facile à travailler au feu, se soudant très bien. Des craques sur le bord d'une barre indiquent que, rougi au feu, le fer se casse facilement, et est difficile à travailler.

Le bon fer se chauffe rapidement, est tendre sous le marteau, et ne donne que très peu d'étincelles.

Le fer chauffé au rouge se dilate de un 140e de sa longueur.

Contraction de la fonte

Cylindres de locomotives	$\frac{1}{16}$ de pouce par pied
Dans les tuyaux	$\frac{1}{8}$ " "
Dans les poutres et les barres	$\frac{1}{4}$ dans 14 pouces
Dans les balanciers et les bielles	$\frac{1}{8}$ " 16 "

Cylindres de grands diamètres ,comme 70 pouces, sur 10 pieds de longueur :

Sur le diamètre	$\frac{3}{8}$ en haut
" "	$\frac{1}{2}$ en bas
Sur la longueur	$\frac{1}{8}$ dans 16 pouces
Laiton mince	$\frac{1}{4}$ " 9 "
Laiton épais	$\frac{1}{8}$ " 10 "

Zinc..........................	$\frac{5}{16}$	par pied.
Cuivre..........................	$\frac{3}{16}$	" "
Bismuth	$\frac{5}{32}$	" "
Etain..........................	$\frac{1}{4}$	" "

Pour trouver le poids d'une pièce en métal par le poids de son modèle de bois :

Poids du modèle en pin sec....	× 16	pour	fonte
" " "	× 17.1	"	fer
" " "	× 19	"	cuivre
" " "	× 25	"	plomb
" " "	× 17.6	"	acier

Colle pour résister à l'humidité.

Apprêtez 1 livre de colle forte avec ½ gallon de lait bien écrémé.

Pour avoir une colle très forte, ajoutez à la colle ordinaire un peu de craie en poudre.

Colle de marine.

1 de caoutchouc, 12 de goudron de charbon, ou naphte minéral, 20 de gomme laque en poudre ; faites fondre le tout ensemble sur un feu doux, mélangez bien, versez sur un marbre ou une pierre pour refroidir ; et faites chauffer cette colle à 250° pour l'usage.

Ciment et colle pour résister à l'humidité.

1 de colle forte.
1 de résine noire.
¼ d'ocre rouge.

Faites le mélange avec le moins d'eau possible.

Ou bien : 4 de colle forte
1 d'huile de lin bouillie
1 d'oxyde de fer ou de rouille

Vernis à modèle pour résister à l'humidité.

1 gallon d'esprit de vin, ou de Benjoin.
1 livre de gomme laque
¼ livre de noir de fumée
¼ livre de gomme sandaraque.

Ciment pour coller le drap ou le cuir

16 de gutta-percha(menue)
4 de caoutchouc
2 de poix
1 de gomme laque
2 d'huile de lin

} Le tout fondu ensemble et bien mélangé

Vernis pour fer

	Ou bien :
12 d'ambre	3 d'asphalte, en lbs
12 de térébenthine	½ de gomme laque
2 de résine	1 gallon de térébenthine
2 d'asphalte	
6 d'huile de lin bouillie	

Vernis jaune pour laiton

	Ou bien :
8 onces de gomme laque	8 onces de gomme laque
8 " " sandaraque	1 gallon d'esprit de vin
2 " d'annatto	
¼ " de résine de sang-dragon	
1 gallon d'esprit de vin	

Pour appliquer ce vernis, il faut faire un peu chauffer les articles que l'on veut vernir, et l'appliquer avec une brosse ou un pinceau de poil de chameau.

Vernis noir pour fer

12 de plombagine ou mine de plomb
12 de rouge de plomb.
5 d'extrait de litharge
5 de noir de fumée.
66 d'huile de lin.

Le tout bouilli ensemble pendant 20 minutes, et constamment remué durant ce temps.

Creusets

2 de terre à feu *Stourbridge*
1 de coke de gaz en poudre très fine.

Creusets en mine de plomb

1 de glaise à feu
2 de mine de plomb

Creusets de Berlin

8 de glaise à feu
3 de vieux creusets réduits en poudre
5 de coke réduit en poudre
4 de mine de plomb

VITESSE DES OUTILS POUR LES MÉTAUX.

Pour le tour....160 pieds par minute
Pour l'alésoir ..80 " "

Progression de la coupe : $\frac{1}{16}$ de pouce pour la première coupe, $\frac{1}{32}$ pour la dernière.
Pour les outils à la main la vitesse est beaucoup plus grande.

Vitesse des outils à bois.

Vitesse d'une scie ronde, à son périmètre, de 6000 à 7000 pieds par minute.
Vitesse d'une scie à ruban, 2500 pieds par minute.
Vitesse d'une scie à découper, 300 coups à la minute.
Vitesse au périmètre des couteaux d'une machine à raboter, de 4000 a 6000 pieds par minute.
Progression de la coupe : $\frac{1}{10}$ de pouce pour chaque couteau.
Vitesse des couteaux d'une machine à moulures : de 3500 a 4000 pieds par minute.
Vitesse d'une machine à sculpter : 5000 révolutions par minute.

Vitesse des tarrières mécaniques

900 révolutions par minute, pour un diamètre de $1\frac{1}{2}$ pouce.
1200 révolutions pour une tarrière de $\frac{3}{4}$ pouce.
Une scie ronde, pour scier 75 pieds carrés de pin dans une heure, exige une puissance d'un cheval.
Une châsse exige 1 force de cheval pour chaque étendue de 45 pieds carrés par heure, avec une vitesse de 120 à 140 coups à la minute.

Angle d'affût des outils de machines :

Pour le bois mou, en traves du grain	30°
Pour le bois mou, machine à raboter	35°
Pour jougs et charrues	40°
Pour le bois dur	50° à 55°

Machines soufflantes

La vitesse de l'air dans les tuyaux ne doit pas dépasser 35 pieds à la seconde.
La pression de l'air varie, dans les fourneaux au fer, de $2\frac{1}{2}$ à 3 livres au pouce carré.
Chaque tonne de fer fondu dans un "cupola" exige 3500 pieds cubes d'air par minute.
Chaque fourneau à raffiner exige 100 000 pieds cubes d'air par tonne de fer raffiné.
Chaque fourneau exige 20 pieds cubes d'air par minute, pour chaque verge cube de capacité du fourneau.
Un feu de forge ordinaire exige 150 pieds cubes d'air par minute, avec une pression de $\frac{1}{4}$ de livre au pouce carré.
Pression de l'air pour un "cupola" 0.8 de livre au pouce carré.

Soufflets centrifuges, éventails

Proportions.

Longueur de la pelle ou aile $\frac{1}{4}$ D, largeur $\frac{1}{4}$ D
Diamètre de l'entrée $\frac{1}{2}$ D, excentricité $\frac{1}{10}$ D
D....Diamètre de l'éventail
V....Vitesse extérieure de la pelle, en pieds par seconde.
P....Pression en livres au pouce carré

$$V = \sqrt{P \times 97\,300} \qquad P = V^2 \div 97\,300$$

La vitesse est égale à la racine carrée de la pression multipliée par 97 300.

La pression est égale au carré de la vitesse divisé par 97 300.

Longueur des coussinets, 4 fois le diamètre de l'arbre.

Pour trouver la force du vent sur une surface perpendiculaire à la direction

Règle.—Multipliez la surface en pieds carrés par la vitesse du vent en pieds par seconde, et le produit par .002 288 ; le résultat sera la force en livres au pied carré.

Amarres, Câbles et Chaînes

La dimension d'un câble s'estime par la circonférence ou le tour, mesuré avec un fil : ainsi un câble de 6 pouces a 6 pouces de tour.

La plus grande force de résistance d'une amarre d'étoupe est de 6400 livres au pouce carré de la section ; le poids qui peut déterminer la rupture est exprimé par $\frac{1}{4}$ du carré de la circonférence en pouces. Mais en pratique un câble de doit pas être forcé au delà de la moitié de sa force de rupture.

Une amarre neuve s'allonge d'un 5e à un 7e de sa longueur ; son diamètre se réduit de un quart à un 7e, avant la rupture.

La force de la manille est à peu près la moitié de celle de l'étoupe.

Les amarres blanches sont un tiers plus durables que les autres.

Pour trouver la force d'une amarre

Règle.—Multipliez le carré de la circonférence par 200 ; le produit sera le poids en livres que pourra supporter l'amarre avec sûreté.

Pour un petit câble ou grelin

Règle.—Multipliez le carré de la circonférence par 120, le produit est le poids en livres que peut supporter le câble avec sûreté.

Ces règles sont pour les câbles en étoupe

TABLE

Du poids et de la force des amarres en étoupe et en fer

Etoupe		Fil de fer		Fil d'acier		Force équivalente	
Circonférence.	Poids par brasse, livres.	Circonférence.	Poids par brasse	Circonférence	Poids par brasse	Poids de rupture	Poids de travail avec sûreté.
$2\frac{3}{4}$	2	1	1			Quintx.	Quintx
		$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	1	6	2
$3\frac{3}{4}$	4	$1\frac{5}{8}$	2			9	3
		$1\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	12	4
$4\frac{1}{2}$	5	$1\frac{7}{8}$	3			15	5
		2	$3\frac{1}{2}$	$1\frac{5}{8}$	2	18	6
$5\frac{1}{2}$	7	$2\frac{1}{8}$	4	$1\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	21	7
		$2\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{2}$			24	8
6	9	$2\frac{3}{8}$	5	$1\frac{7}{8}$	3	27	9
		$2\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$			30	10
$7\frac{1}{2}$	14	$2\frac{5}{8}$	6	2	$3\frac{1}{2}$	33	11
		$2\frac{3}{4}$	$6\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{8}$	4	36	12
8	16	3	$7\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{2}$	39	13
		$3\frac{1}{8}$	8			42	14
$8\frac{1}{2}$	18	$3\frac{1}{4}$	$8\frac{1}{2}$	$2\frac{3}{8}$	5	45	15
		$3\frac{3}{8}$	9			48	16
$9\frac{1}{2}$	22	$3\frac{1}{2}$	10	$2\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	51	17
10	25	$3\frac{5}{8}$	11	$2\frac{5}{8}$	6	54	18
		$3\frac{3}{4}$	12	$2\frac{3}{4}$	$6\frac{1}{2}$	60	20
11	30	$3\frac{7}{8}$	13			66	22
		4	14	$3\frac{1}{4}$	8	72	24
12	36	$4\frac{1}{4}$	15			78	26
		$4\frac{3}{8}$	16	$3\frac{3}{8}$	9	84	28
		$4\frac{1}{2}$	18			90	30
		$4\frac{5}{8}$	20	$3\frac{1}{2}$	10	96	32
				$3\frac{3}{4}$	12	108	36
						120	40

Remarque.—Les cordages se composent de fils appelés *fils de caret*, dont le diamètre varie le 1 à 6 millimètres ($\frac{1}{25}$ à $\frac{1}{4}$ de pouce), et qui sont fabriqués en brins de chanvre de diverses longueurs. La *ficelle*, qui est la plus simple de toutes les cordes, n'est composées que de 2 fils de caret cordés ensemble. Les *merlins* ou *lignes* sont formés de 3 fils de caret.

Le *touron* est une petite corde composée de plusieurs fils de caret, et préparée pour faire des cordes plus grosses ; chaque touron peut être formé depuis 2 jusqu'à 90 fils de caret. Les tourons cordés ensemble forment des cordes appelées *haussières*, dont le diamètre varie de 9 à 18 centimètres $\frac{1}{2}$ (3 pouce $\frac{1}{2}$ à 7 pouces $\frac{1}{2}$.) Les cordages les plus employés, indépendamment de la *ficelle* et de la *ligne*, sont les *cordes à main*, les *vingtaines*, les *haubans*, les *câbleaux* et les *câbles*.

Suivant Coulomb, on ne doit jamais charger les cordes au delà de 40 kilogrammes (90 livres) par fil de caret, bien qu'elles puissent généralement soutenir jusqu'à 50 kilogrammes (111 livres) sans se rompre.

Les cordes de chanvre ne doivent être soumises qu'à un 5e de leur résistance absolue. Les cordes mouillées perdent un tiers de leur force, et la résistance, à diamètre égal, n'est guère, pour les cordes goudronnées, que les 2 tiers ou les 3 quarts de celle des cordes blanches.

Les câbles en fils de fer peuvent être soumis à un 5e de leur résistance absolue, cette résistance est de 7 tonnes par centimètre carré de section, ou 45 tonnes par pouce carré ; la charge d'emploi pourra donc être de 9 tonnes par pouce carré de section.

TABLE

Du poids que peut soulever un bon câble d'étoupe avec sûreté.

Circonférence	Effort avec sûreté	Circonférence	Effort avec sûreté
1	196	5¼	5 516
1¼	227	5½	6 048
1½	450	5¾	6 608
2	784	6	7 168
2¼	1 000	6¼	7 812
2½	1 232	6½	8 456
2¾	1 400	6¾	9 338
3	1 800	7	9 800
3¼	2 016	7¼	10 416
3½	2 350	7½	11 228
3¾	2 800	7¾	12 008
4	3 200	8	12 796
4¼	3 602	8¼	13 440
4½	4 032	8½	14 124
4¾	4 500	8¾	15 120
5	4 984	9	16 016

TABLE.

Du poids que les chaînes peuvent supporter avec sûreté.

Diamètre du fer	Charge de sûreté, en tonnes	Diamètre du fer	Charge de sûreté, en tonnes
$\frac{3}{8}$	1	$\frac{15}{16}$	6.2
$\frac{1}{2}$	1.7	1	7
$\frac{9}{16}$	2.2	$1\frac{1}{16}$	8
$\frac{5}{8}$	2.8	$1\frac{1}{8}$	9
$\frac{11}{16}$	3.3	$1\frac{3}{16}$	10
$\frac{3}{4}$	4	$1\frac{1}{4}$	11
$\frac{13}{16}$	4.6	$1\frac{5}{16}$	12
$\frac{7}{8}$	5.5	$1\frac{3}{8}$	13.5

Table

de la grosseur des chaînes et des ancres, selon le tonnage des vaisseaux

Tonnage des vaisseaux	Diam. du fer	Longueur	Livres par brasse	Force d'épreuve	Poids des ancres	Circonf. des câbles équivalents
Tonnes	*Pouces*	*Brasses*	*Livres*	*Tonnes*	*Quint.*	*Pouces*
25	$\frac{1}{2}$	120	14	$4\frac{1}{2}$	2	$4\frac{3}{4}$
35	$\frac{9}{16}$	120	17	$5\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$
45	$\frac{5}{8}$	120	21	7	$2\frac{3}{4}$	$6\frac{1}{4}$
50	$\frac{11}{16}$	120	25	$8\frac{1}{2}$	3	7
75	$\frac{3}{4}$	120	30	$10\frac{1}{8}$	$3\frac{1}{2}$	$7\frac{3}{4}$
100	$\frac{13}{16}$	150	35	....	5	$8\frac{1}{4}$
150	$\frac{15}{16}$	180	48	....	$7\frac{1}{2}$	10
175	1	180	54	18	9	$10\frac{3}{4}$
250	$1\frac{1}{8}$	210	68	$22\frac{3}{4}$	$12\frac{1}{2}$	12
350	$1\frac{1}{4}$	240	84	$28\frac{1}{8}$	17	$13\frac{1}{2}$
450	$1\frac{3}{8}$	270	102	34	21	15
600	$1\frac{1}{2}$	270	122	$40\frac{1}{2}$	26	16
800	$1\frac{5}{8}$	300	143	$47\frac{1}{2}$	32	$17\frac{1}{4}$
1000	$1\frac{3}{4}$	300	166	$55\frac{1}{8}$	38	$18\frac{1}{2}$
1400	$1\frac{7}{8}$	300	191	$63\frac{1}{4}$	43	....
1800	2	300	217	72	48	....
2500	$2\frac{1}{8}$	330	244	$81\frac{1}{4}$	53	....
3000	$2\frac{1}{4}$	360	268	$91\frac{1}{8}$	57	....

Chaudières

ETALON

La limite de tension autorisée par le gouvernement du Canada est 8400 livres au pouce carré de section, pour les chaudières, ou 100 livres au pouce carré pour une chaudière de 42 pouces de diamètre et d'un quart de pouce d'épaisseur.

Conséquemment, une chaudière du même diamètre, avec le double ou le triple d'épaisseur, pourra supporter le double ou le triple de la pression, c'est-à-dire 200 ou 300 livres au pouce carré.

Au contraire, si une chaudière avait 84 pouces de diamètre, et $\frac{1}{4}$ de pouce d'épaisseur, la pression ne serait que la $\frac{1}{2}$, ou 50 livres au pouce carré ; pour un diamètre de 42 pouces et $\frac{1}{8}$ de pouce d'épaisseur, la pression correspondante serait 50 livres au pouce carré, toutes proportions gardées.

La pression extérieure autorisée sur les fourneaux et les carneaux, lorsque les joints longitudinaux ne sont pas soudés, se détermine par la formule suivante :

Le produit de 90 000 par le carré de l'épaisseur du fer en po

ces, divisé par la longueur du fourneau en pieds plus 1, puis multiplié par le diamètre en pouces, telle sera la pression autorisée en livres par pouce carré, pourvu que cette pression n'excède pas celle que donne la formule suivante.

Le produit de 8000 par l'épaisseur du fer en pouces, divisé par le diamètre du fourneau ou carneau en pouces, donnera la pression autorisée.

La longueur des fourneaux et carneaux est la distance entre un rebord et un renfort ou deux renforts s'il y a des renforts.

La pression sur les surfaces planes ne doit pas dépasser 6 000 livres par pouce carré sur les étais qui les supportent.

La pression autorisée sur les surfaces planes est celle qu'on obtient par la formule suivante :

$$\frac{C \times (T+1)^2}{S-6} = \text{Pression en livres par pouce carré}$$

T....Epaisseur du fer en 16es de pouce
S....Surface en pouces carrés, supportée par un étai.

C = 100 ; mais lorsque le fer est exposé à une grande chaleur ou à la flamme, et qu'il n'y a que de la vapeur du côté opposé, C doit être réduit à 50.

La force de l'acier est de 25 pour 100 plus grande que celle du meilleur fer.

La pression hydrostatique pour l'acier est en raison de la pression du travail comme 190 est à 125.

La table suivante indique les pressions que pourrait supporter une chaudière de 42 pouces de diamètre, pour différentes épaisseurs de fer

Epaisseur du fer	Diamètre		Pression initiale	Etalon	Epaisseur du fer	Diamètre		Pression initiale	Etalon
$\frac{1}{16}$	10.5	×	100	1 050	$\frac{9}{16}$	94.5	×	100	9 450
$\frac{1}{8}$	21	×	100	2 100	$\frac{5}{8}$	105	×	100	10 500
$\frac{3}{16}$	31.5	×	100	3 150	$\frac{11}{16}$	115.5	×	100	11 550
$\frac{1}{4}$	42	×	100	4 200	$\frac{3}{4}$	126	×	100	12 600
$\frac{5}{16}$	52.5	×	100	5 250	$\frac{13}{16}$	136.5	×	100	13 650
$\frac{3}{8}$	63	×	100	6 300	$\frac{7}{8}$	147	×	100	14 700
$\frac{7}{16}$	73.5	×	100	7 350	$\frac{15}{16}$	157.5	×	100	15 750
$\frac{1}{2}$	84	×	100	8 400	1	168	×	100	16 800

L'étalon, ou le nombre de la quatrième colonne, étant divisé par un diamètre quelconque en pouces, le quotient sera la pression en livres que pourra porter ce diamètre, à l'épaisseur correspondante.

L'étalon divisé par la pression donne le diamètre.

Ex. 1.—Quel est le diamètre d'une chaudière de $\frac{11}{16}$ d'épaisseur, à 60 livres au pouce carré ?

Vis-à-vis $\frac{11}{16}$, dans la quatrième colonne, est le nombre 11 550. Alors

$$\frac{60)11550}{192.5} \quad \text{Rép. 192.5 pouces de diamètre}$$

Ex. 2.—Quel est le diamètre d'une chaudière de $\frac{3}{8}$ d'épaisseur, à 75 livres au pouce carré ?

75)6300(82 pouces de diamètre
600
———
300
300

Ex. 3.—Quelle sera la pression d'une chaudière de 95 pouces de diamètre, et de $\frac{7}{8}$ de pouce d'épaisseur ?

$$14\,700 \div 95 = 154.7 \text{ livres}$$

Ex. 4.—Quelle sera la pression d'une chaudière de $\frac{7}{16}$ de pouce d'épaisseur, et de 60 pouces de diamètre ?

$$7350 \div 60 = 122.5 \text{ livres de pression}$$

Pour trouver l'épaisseur du fer en 16es de pouce, la pression et le diamètre étant donnés.

Règle 1.—Multipliez le diamètre de la chaudière en pouces, par la pression, et divisez par 1050, étalon de $\frac{1}{16}$ de pouce ; le quotient sera l'épaisseur en 16es de pouce.

Ex. 1.—Quelle sera l'épaisseur du fer d'une chaudière de 10 pieds 6 pouces de diamètre, pour porter 50 livres de pression au pouce carré ?

10 pieds 6 pouces = 126 pouces.
$126 \times 50 = 6300$

$$\frac{6300}{1050} \ldots \ \frac{6}{16} \text{ ou } \frac{3}{8} \text{ de pouce.}$$

Ex. 2.—Quelle sera l'épaisseur du fer d'une chaudière de 9 pieds 2 pouces de diamètre, pour une pression de 124 livres par pouce carré ?

9 pds 2 pcs = 110 pouces.
$124 \times 110 = 13\,640$
$13\,640 \div 1050 \ldots \ \frac{13}{16}$ de pouce.

Pour trouver l'épaisseur du fer en 10es de pouce, la pression et le diamètre étant donnés.

Règle.—Multipliez le diamètre de la chaudière, en pouces, par la pression, et divisez le produit par 168 ; le quotient sera l'épaisseur en pouces et fraction décimale de pouce.

Ex. 1.—Quelle sera l'épaisseur du fer d'une chaudière, en pouces, le diamètre étant de 8 pieds 9 pouces, avec une pression de 100 livres par pouce carré ?

8 pds 9 pcs = 105 pouces.

105 × 100 = 10500.

168)10500(625 .. $\frac{5}{8}$ de pouce

```
1008
----
 420
 336
----
  840
  840
  ---
```

Ex. 2.—Quelle devra être l'épaisseur d'une chaudière d'un diamètre de 60 pouces, pour supporter une pression 84 livres par pouce carré ?

84 × 60 ÷ 168....0,3 ou $\frac{3}{10}$ de pouce.

Etais

L'étalon de la force du corps de la chaudière est limité à 8400 livres au pouce carré ; mais comme les liens, chevilles, ou étais (*Stay bolts*) des parties planes d'une chaudière sont sujets à une perte de force à raison de l'usure annuelle, plus grande que celle du corps de la chaudière, 6 000 livres de pression par pouce carré de section seront le maximum de la tension allouée sur les étais.

Les règles suivantes seront d'une grande utilité pour déterminer la distance, le nombre, la grosseur des étais, pour une pression donnée ; et aussi pour trouver la pression, étant donnés la distance, le nombre et la grosseur des étais.

Pour trouver le nombre d'étais requis :

Règle

1. Divisez la hauteur de l'eau en pieds dans la chaudière par 2.305, pour obtenir la pression de l'eau en livres par pouce carré.
2. Multipliez la longueur du fond de la chaudière par la largeur, en pouces.
3. Ajoutez à la pression de la vapeur celle de l'eau, ce qui donne la somme des pressions.
4. Multipliez la superficie du fond en pouces, par la somme des pressions ; le produit sera le total de la pression sur le fond de la chaudière.
5. Multipliez le carré du diamètre de l'étai par .7854 ; le produit sera l'aire de la section.
6. Multipliez ce dernier résultat par la pression allouée au pouce carré sur les étais ; le produit sera ce que chaque étai devra porter.

7. Divisez la pression totale par la pression que doit porter chaque étai ; le quotient sera le nombre d'étais requis.

Ex. 1.—Combien faudra-t-il d'étais de 2 pouces de diamètre, dans le fond d'une chaudière de 10 pieds 6 pouces de longueur, 4 pieds 3 pouces de largeur, avec une pression de 35 par pouce carré, la hauteur de l'eau dans la chaudière étant de 3 pieds 9 pouces ?

Nota.—Il est inutile de dire ce que sera la pression totale sur le fond de la chaudière, car ce n'est qu'une des conséquences du calcul.

Pression sur les étais 4500 livres par pouce carré.

Hauteur de l'eau 3 pds 9 pcs, ou 3.75 pds.

3.75 + 2.305 = 1.63 environ, pression de l'eau au pouce carré.

```
2.305)3.750(1.63 livres environ
      2 305
      ------
      1 4450
      1 3830
      ------
        6200
```

Pression de l'eau 1.63

Pression de la vapeur 35

Pression totale au pouce carré 36.63

L'aire égale la longueur multipliée par la largeur en pouces.

Longueur 10 pds 6 pcs, ou 126 pcs ;

Largeur 4 pds 3 pcs, ou 51 pcs.

Aire = 126 × 51 = 6426 pouces carrés.

```
 126                              6426 pcs carrés
  51      somme des pressions     36.63
----                              -----
 126                              19278
630                              38556
----                            38556
6426 pcs carrés                19278
                               --------
```

Pression totale sur le fond 235 384.38 livres

Force des étais 2^2 × ,7854 × 4500 livres.

```
          .7854
2×2....      4
        -------
        3.1416
           4500
        ---------
        15708000
       125664
       ----------
       14 137.2     livres que chaque étai doit porter.
```

Nombre d'étais 235 384.38 ÷ 14 137.2 = 17 environ.

14137.2)235384.38(16.6
141372

940123
848232

918918
848232

Le nombre doit être 17 puisque 16 n'est pas suffisant pour tout supporter.

Ex.—Combien faudra-t-il d'étais de $1\frac{1}{2}$ pouce de diamètre, dans une chaudière de 10 pieds 6 pouces de longueur, 9 pieds 7 pouces de largeur, la hauteur de l'eau dans la chaudière étant de 10 pieds, et la pression de 20 livres au pouce carré, en allouant sur les étais 6 000 livres par pouce carré ?

10 pds 6 pcs = 126 pcs
9 pds 7 pcs = 115 pcs

630
126
126

Aire.... 14490 pcs carrés
2434

5796
4347
5796
2898

Pression 352 686,60 totale sur le fond de la chaudière.

Hauteur de l'eau....10

$\frac{10}{2,305}$ = 4,34 environ

2,305)10,000(4,34 environ
9,220

7800
6915

885

Pression de l'eau 4,34
Pression de la vapeur 20

Somme des pressions 24,34

Force des étais $1,5^2 \times .7854 \times 6\,000 = 10\,602,9$ lbs

.7854
$1,5^2$ = 2,25

39270
15708
15708

1,767150....aire d'un étai

1,76715
6000 lbs

10 602,90000 lbs
ce que doit porter chaque étai.

Nombre des étais.... $\frac{352\,686,6}{10\,602,9}$ = 33,3

10603)352686,6(33,3 environ
31809

34596
31809

2787

Le nombre des étais doit être 34, puisque 33 ne peuvent supporter toute la pression.

Exercices

N.	Longueur	Largeur	Pression	Hauteur d'eau	Etais	Livres
1	12 pds 0 pcs	7 pds 0 pcs	29 lbs	4 pds	$1\frac{1}{2}$	6000
2	17 " 6 "	11 " 3 "	32 "	3 " 8 pcs	$2\frac{1}{4}$	4500
3	19 " 7 "	7 " 8 "	18 "	6 " 3 "	2	5500
4	23 " 2 "	18 " 9 "	30 "	9 " 5 "	$1\frac{1}{2}$	5400
5	24 " 7 "	23 " 3 "	26 "	8 " 3 "	1,7	6000

Réponses aux exercices : N. 1.... 24,8 ou 25 étais
N. 2=53,2 ou 54 étais N. 3.... 25,9 ou 26 étais
N. 4=223,4 ou 224 étais N. 5....178,8 ou 179 étais

Etais en diagonale

La perte d'effet des étais en diagonale est en raison du cosinus de l'angle ; supposons un étai à angle droit, supportant une surface de 100 pouces carrés à 100 livres de pression, la tension sur l'étai serait 10 000 livres ; maintenant prenons le même étai sous l'angle de 45°, dont le cosinus est .7071 ; la tension sera égale à la pression ÷ .7071 ou $\frac{P}{\cos A}$, ou $\frac{10000}{.7071}$ ou 141,4 ce qui indique 41,4 pour cent de perte d'effet.

L'étai à angle droit supporte une pression de 100 livres au pouce carré, quelle sera la pression supportée à l'angle 45° ?

T....Tension. Pour trouver la tension $T = P \div \cos A$
P....Pression. Pour trouver la pression $P = T. \cos A$

100 : 10 000 :: .7071 : 70,70 livres

Ou 10000 × ,7071 égale la pression totale ; ce produit divisé par le nombre de pouces carrés donne la pression par pouce carré, ou la pression 100 × .7071 = 70,71.

Pour trouver l'aire d'un étai diagonal

" Il faut trouver l'aire de l'étai nécessaire pour supporter à
" angle droit la surface donnée ; multipliez l'aire ainsi trouvée
" par la longueur de l'étai diagonal, et diviser ce produit par la
" distance entre la surface supportée et le point d'arrêt de l'étai

" au bout opposé ; cette distance doit être mesurée à angle droit
" avec la surface supportée.

Distance des étais

Pour trouver la distance entre les étais, étant donnés la grandeur de la chaudière et le nombre des étais :

Règle.—Divisez l'aire du fond de la chaudière en pouces par le nombre d'étais, la racine carrée du quotient est la distance des étais de centre en centre.

Ex. 1.—Quelle est la distance entre les étais, dans une chaudière de 12 pieds et un demi-pouce de longueur, le nombre des étais étant de 173 ?

```
12 pds et ½ pouce=144.5 pouces
10 pds            120
                 -----
                  2890
                 1445
                 -----
                 17340 ÷173=100
```

$\sqrt{100}=10$ pouces de centre en centre

Ex. 2.—Quelle est la distance entre les étais dans une partie plane d'une chaudière, cette partie ayant 6 pieds 3 pouces de longueur, 5 pieds 3 pouces de largeur, le nombre des étais étant 84 ?

```
6 pds 3 pcs=75 pouces
5 pds 3 pcs=63   "
           ---
            225
           450
           ---
           4725÷84=56.25
```

```
82)4725(56.25          Racine carrée de
   420                 7)56.25(7,5 distance
   ---                 7 46
    525                --------
    504                145 | 725
    ---                    | 725
     210
     168
     ---
      420
      420
      ---
```

Pression

Pour trouver la pression, le nombre et la grosseur des étais étant donnés :

RÈGLE

1.—Multipliez la longueur de la chaudière par la largeur ; le produit sera l'aire.

2.—Multipliez le carré du diamètre par .7854, puis par la pression allouée par pouce carré sur les étais ; le produit sera ce que doit porter chaque étai, et ce produit multiplié par le nombre d'étais sera la pression totale supportée par tous les étais.

3. Divisez cette pression totale par l'aire du fond de la chaudière ; le quotient sera la pression, moins toutefois la pression due à la hauteur de l'eau dans la chaudière.

Ex. 1.—Quelle sera la pression au pouce carré, dans une chaudière de 8 pieds 7 pouces de longueur, 7 pieds 1 pouce de largeur, avec 100 étais de $1\frac{1}{8}$ de pouce de diamètre, à 6 000 livres au pouce carré de section sur les étais, la hauteur de l'eau étant de 5 pieds 3 pouces ?

8 pds 7 pouces = 103
7 pds 1 " = 85
515
824
8755 pouces carrés

Aire de l'étai.... $1\frac{1}{8}^2 \times .7854 = ,924$
Pression au pouce carrée........ 6000
Pression sur chaque étai........ 5964,000
Nombre d'étais................ 100
Pression totale des étais........ 596 400

8755)596400(68,121
52530
71100
70040
10600
8755
18450
17510
9400
8755

Hauteur de l'eau
$\frac{5,25}{2,305} = 2,277$

2,305)5,250(2,277
4610
6400
4610
17900
16135
17650
16135

Pression obtenue.... 68,121
Pression de l'eau.... 2,277

Réponse.......... 65,844 livres de pression

Ex. 2.—Quelle sera la pression au pouce carré, dans une chaudière de 19 pieds 7 pouces sur 7 pieds 8 pouces, avec 26 étais de 2 pouces de diamètre, à 5 500 livres au pouce carré de section, la hauteur de l'eau étant 6 pieds 3 pouces ?

19 pieds 7 pouces = 235 pouces
7 " 8 " = 92

470
2115

21620.... Aire du fond.

$2^2 \times .7854 \times 5500 = 17\,278.8$
$17\,278.8 \times 26 = 449\,248.8$

,7854
4

3,1416
5500

157080
157080

17278,8
26

1036728
345576

449248,8

2162)449248,8(20.78 lbs
4324

16848
15134

17148
17296

Hauteur de l'eau 6.25 ÷ 2,305 = 2.711

Pression obtenue.... 20.78
Pression de l'eau.... 2.711

Réponse.............18.069 livres.

EXERCICES

N.	Longueur.	Largeur.	Hauteur d'eau.	Nomb. d'étais	Diam.	Lbs.
1	12 pds 0 pcs.	7 pds 0 pcs.	3 pds 8 pcs.	25	1½	6000
2	17 " 6 "	11 " 3 "	3 " 8 "	54	2¼	4500
3	23 " 2 "	18 " 9 "	9 " 5 "	224	1½	5400
4	24 " 7 "	23 " 3 "	8 " 3 "	179	1.7	6000

(Réponses : 26.00, 30.00, 32.41 20.29.)

Pour trouver le diamètre des étais, étant donnés le nombre des étais, la pression au pouce carré sur les étais, la grandeur de la surface plane, la hauteur de l'eau dans la chaudière, et la pression de la vapeur :

Règle

1. Multipliez la longueur de la surface plane par la largeur en pouces ; le produit sera l'aire en pouces carrés.

2. Divisez l'aire de la partie plane par le nombre d'étais; le quotient sera le nombre de pouces carrés que chaque étai doit supporter; multipliez ce quotient par la pression donnée, le produit sera le nombre de livres que chaque étai aura à supporter.

3. Divisez le nombre de livres que chaque étai doit supporter par le nombre de livres alloué au pouce carré sur les étais; le quotient sera l'aire de l'étai en pouces.

4. Divisez l'aire de l'étai par .7854; la racine carrée du quotient sera le diamètre cherché.

Ex. 1—Quel doit être le diamètre des étais d'une chaudière longue de 6 pieds 3 pouces, large de 5 pieds 3 pouces, s'il y a 84 étais, à 5000 livres au pouce carré, sur les étais, la hauteur de l'eau dans la chaudière étant de 4 pieds 8 pouces, et la pression de la vapeur étant de 98 livres au pouce carré?

4.666 ÷ 2.305 = 2

Pression de l'eau............2 lbs
Pression de vapeur.........98 "
Pression totale............100 "

6 pds 3 pcs = 75 pcs
5 pds 3 pcs = 63 "

```
        225
       450
       ----
   84)4725(56.25 × 100 = 5625 lbs
       420
       ---
        525
        504
        ---
         210
         168
         ---
          420
          420
          ---
5000)5625
     ----
      1,125 = aire de l'étai.

.7854)1.1250(1.432
        7854
        ----
        33960
        31416
        -----
         25440
         23562
         -----
```

Carré du diamètre de l'étai = 1.432

$\sqrt{1.432} = 1.2$ ou $1\frac{1}{5}$ environ.

Ex. 2.—Quel doit être le diamètre des étais d'une chaudière longue de 9 pieds 6 pouces, large de 7 pieds 6 pouces, le nombre des étais étant 17, à 5600 livres par pouce carré sur les étais, la hauteur de l'eau dans la chaudière étant 6 pieds, et la pression de la vapeur 8.78 livres au pouce carré ?

9 pds 6 pcs = 114
7 pds 6 pcs = 90

10260....aire de la surface.
10230 ÷ 17 = 603.53 pouces carrés par chaque étai.
Pression de l'eau ....6 ÷ 2.305 = 2.6
Pression de la vapeur..........8.78
Total, ou somme des pressions..11.38
603.53 × 11.38 = 6867.2 lbs pour chaque étai.
6867.2 ÷ 5600 = 1.227....aire de l'étai
1.227 ÷ .7854 = 1.5625 = carré du diamètre.
$\sqrt{1.5625}$ = 1.25 ou $1\frac{1}{4}$ pouce de diamètre.

EXERCICES

N.	Largeur.	Hauteur.	Hauteur d'eau.	Pression.	Nombre.	Livres.
1	12 pds 0 ps	7 pds 0 ps	3 pds 8 ps	20	25	6000
2	10 " 5 "	5 " 10 "	6 " 4 "	28	54	4500
3	9 " 9 "	9 " 3 "	5 " 9 "	17	21	3000

(Réponses : $1\frac{1}{2}$, 1.18, $2\frac{1}{2}$.)

Etais remplacés

Dans la construction d'une chaudière, il peut se trouver un espace où devraient être un certain nombre d'étais qu'il est impossible d'appliquer ; si l'on peut mettre un nombre moindre d'étais, le nombre remplaçant doit soutenir la même aire qu'aurait soutenue le nombre primitif.

Règle. —Multipliez le carré du diamètre des étais à remplacer par leur nombre, et divisez par le nombre remplaçant ; la racine carrée du quotient sera le diamètre de chaque nouvel étai.

Ex.—Une partie du fond d'une chaudière devrait être supportée par 12 étais ; mais, dans la construction de la chaudière, 7 étais seulement peuvent être appliqués ; les étais à remplacer devaient avoir $1\frac{1}{4}$ pouce de diamètre; quel devra être le diamètre des étais remplaçants ?

$1.25^2 \times 12 = 18.75$ $18.75 \div 7 = 2.68$

$\sqrt{2.68}$ = 1.637 pouces soit $1\frac{11}{16}$ pouce environ.

Force efficace des étais en raison de leurs distances.

On serait tenté de croire que la force résistante de la tôle, augmente en raison inverse de la distance des étais, mais l'expé-

rience a prouvé que la résistance de la tôle augmente en proportion plus grande, ainsi qu'on peut le voir par les résultats suivants.

Dans une expérience faite par W. Fairbairn avec des étais placés à 5 pouces de distance les uns des autres, il a fallu 815 livres au pouce carré pour produire une rupture ; et avec la même épaisseur de fer, des étais de même grosseur étant placés de 4 en 4 pouces, il a fallu 1625 livres au pouce carré pour produire une rupture.

Si la force résistante augmentait en raison inverse des distances des étais, la force de rupture, dans le deuxième cas, serait les $\frac{25}{16}$ de la première, soit $815 \times \frac{25}{16}$ ou 1273 livres ; cependant, dans le deuxième cas, la force résistante a été de 1625 livres au pouce carré, soit près de $\frac{1}{4}$ en plus de ce que donnerait le rapport inverse des distances.

Ainsi $\frac{815 \times 25}{2240} = 9$ tonnes. $\frac{1625 \times 16}{2240} = 11\frac{1}{2}$ tonnes

Proportions des forces des joints rivetés double ou simple.

Force résistante des tôles....100
Cas des joints rivetés doubles.... 70
Cas des joints rivetés simples.... 56

TABLE

des meilleures proportions des joints rivetés, fondée sur l'expérience et la pratique

Epaisseur des tôles en pouces	Diamètre des rivets en pouces.		Longueur des rivets de la tête en pouces.		Distance des rivets de cent. en cent. en pcs		Largeur pour joints à simple rivets.		Largeur requise pour joints doubles rivets.
$.19 = \frac{3}{16}$	.38		.88		1.25	6	1.25		Pour les joints à double riv. ajoutez les $\frac{2}{3}$ de la largeur du joint à simples rivets.
$.25 = \frac{1}{4}$	.50		1.13		1.50		1.50	6	
$.31 = \frac{5}{16}$	.63	2	1.38		1.63	5	1,88		
$.38 = \frac{3}{8}$	.75		1.63	4.5	1.75		2.00	5.5	
$.50 = \frac{1}{2}$	.81		2.25		2-00	4	2.25		
$.63 = \frac{5}{8}$	.94	1.5	2.75		2.50		2.75	4.5	
$.75 = \frac{3}{4}$	1,13		3.25		3.00		3,25		

Les nombres 2, 1,5, 4,5, 6, 5, 5.5, qui sont dans la table précédente, sont des multiplicateurs pour le diamètre, la longueur, la distance des rivets, et pour la largeur requise pour les joints à simple rang et à double rang de rivets. Ces multiplicateurs sont proportionnels aux épaisseurs du fer, au diamètre, à la longueur et à la distance des rivets.

Ex.—Supposons que les proportions soient demandées pour du fer de $\frac{3}{8}$ pouce d'épaisseur.

0.375 × 2 = 0.750 .... diamètre du rivet $\frac{3}{4}$ pouce
0.375 × 4.5 = 1.688 .... diamètre du rivet, $1\frac{3}{4}$ pouce
0.375 × 5 = 1.875 .... distance entre les rivets, $1\frac{7}{8}$ pouce
0.375 × 5.5 = 2.063 .... largeur du joint, 2 pouces
0.375 × 5.5 = 2.063 + les $\frac{2}{3}$ .... 3.438 .... largeur du joint pour double rang de rivets.

Pouvoir nécessaire pour poinçonner le fer à chaudière

Pour trouver le pouvoir nécessaire en tonnes pour poinçonner le fer à chaudière :

Règle.—Le diamètre du trou multiplié par 80, puis par l'épaisseur du fer, donnera le nombre de tonnes demandé.

Ex.—Quel est le nombre de tonnes requis pour poinçonner du fer de $\frac{1}{2}$ pouce d'épaisseur ?

Diamètre du trou. 84 × 80 = 67,2
67.2 × .5 = 33,6 tonnes

Formule

P .... Pouvoir requis en tonnes
E .... Epaisseur du fer en pouces
D .... Diamètre du trou en pouces

P = 80 DE

Le pouvoir pour percer le cuivre est environ les $\frac{2}{3}$ de celui qui est nécessaire pour le fer.

Différence entre les circonférences de deux feuilles pour rentrer l'une dans l'autre, 6 fois l'épaisseur du fer.

Les proportions précédentes, pour les conditions des rivets, sont basées sur des résultats pratiques ; cependant les règles suivantes auront aussi leurs applications.

On estime que la force nécessaire pour couper, avec un outil tranchant, un pouce carré de fer, est de 16 tonnes ; mais pour obtenir le même effet avec deux feuilles de fer rivetées ensemble, la force nécessaire est égale à la force de tension du fer en feuilles, ou en moyenne à 23 tonnes par pouce carré.

Dans ces conditions, pour trouver la distance à mettre entre les rivets d'un joint simple, étant donnés le diamètre du rivet et l'épaisseur du fer :

Règle.—Multipliez le carré du diamètre du rivet par .7854, et ajoutez au résultat le diamètre du rivet ; la somme sera la distance à laisser entre les rivets.

Ex.—Quelle doit être la distance entre des rivets de $\frac{7}{8}$ pouce de diamètre, dans du fer de $\frac{3}{4}$ pouce, pour que la force de la feuille, après les trous percés, soit égale à celle des rivets ?

(.875 × .875 × .7854 ÷ .75) + .875 = 1.6767 pouce

Formules

D.... Distance entre les rivets.
d.... Diamètre des rivets
e.... Epaisseur de la tôle de fer.
t.... Force de tension du fer au pouce carrés.

D—d.... largeur de tôle affectée par un rivet.
Force de rupture.... $(D-d)et$
Force pour couper le rivet.... $d^2 \times .7854 \times t$
Alors $(D-d) \times e = d^2 \times .7854$

$$D = (\text{aire} \div e) + d \qquad \frac{\frac{7}{8} \times \frac{7}{8} \times .7854}{\frac{3}{4}} + \frac{7}{8} = 1.6767$$

Lorsqu'un étai est bifurqué à l'intérieur d'une chaudière, et est arrêté par un boulon à une cornière ou fer d'angle, la pression intérieure tend à couper ce boulon par le fer de la cornière, et de son côté le boulon tend à couper le fer de la cornière qui lui offre résistance ; alors, pour qu'il y ait solidité, il faut que la distance du trou du boulon au bord de la cornière soit égale en force à celle du boulon.

Ex.—Un étai bifurqué, est arrêté à une cornière de $\frac{5}{8}$ pouce de d'épaisseur, par un boulon de $1\frac{1}{4}$ pouce de diamètre ; quelle doit être la distance du trou au bord de la cornière pour que les deux forces soient égales ?

$1\frac{1}{4}^2 \times .7854 \times 23 =$ Force du boulon.
$\frac{5}{8} \times 23 = t$ ou la tension du fer.
Donc $t \times \frac{5}{8} = 1\frac{1}{4}^2 \times .7854$
$\frac{5}{8} \times 23 = 14.375 \qquad 1\frac{1}{4}^2 \times .7854 \times 23 = 28.225$
$28.225 \div 14.375 = 1.9635$ pouce....distance du trou au bord de la cornière.

Si la force résistante des rivets est égale à la force de la tension du fer en feuilles au pouce carré de section, quelle sera la force d'un joint double riveté, ayant les dimensions suivantes :

Diamètre des rivets $\frac{7}{8}$", distance $2\frac{1}{2}$", épaisseur du fer $\frac{3}{4}$", longueur du joint $12\frac{1}{4}$, la tension étant égale à 23 tonnes par pouce carré ?

Section du joint..... $12\frac{1}{4} \times .75 = 9.1375$ pouces carrés.
Force de rupture.... $9.1875 \times 23 = 211.3125$ tonnes.

$$\text{Force relative du joint....} \frac{\frac{7}{8}^2 \times .7854 \times 2}{2\frac{1}{2} \times \frac{3}{4}} = .64141$$

$\therefore$ **Force totale du joint....** $211.3125 \times .64141 = 135.5379$

Un poids d'une tonne par pouce carré du fer en barres, allonge la barre des 75 millioniémes (0.000 075) de sa longueur.

Le nombre de tonnes par pouce carré de section, multiplié par 0.000 075, puis par la longueur en pouces, sera l'allongement total en pouces.

Proportions des Chaudières

CHAUDIÈRES TUBULAIRES

Pour chaque force " nominale " de cheval :

1 pied cube d'eau par heure.

10 pieds de surface chauffée, en prenant toute la surface des tubes pour effective.

½ pied carré de foyer.

10 pouces carrés d'aire de tubes.
13 " " " pour carneaux.
6 " " " pour la cheminée

Pour bateaux à vapeur, 14 pouces carres par force nominale

8 pieds cubes de capacité totale.

2 " " d'espace pour la vapeur, ou 8 fois la capacité du cylindre.

Diamètre des tubes $\frac{1}{30}$ de la longueur

Chaudières marines

Dans les machines à vapeur de marine, la force " Nominale " de cheval varie tellement avec le pouvoir actuel ou " indiqué ", que la force nominale ne peut plus être prise pour base des calculs relatifs aux proportions des chaudières.

Plusieurs machines à hélice exercent jusqu'à 6 fois le pouvoir nominal.

Dans les machines marines, la force de cheval indiquée, consomme de 5 à 7 livres de charbon par heure et par force de cheval, et exige les proportions suivantes :

Aire du foyer......	.25 à .35	pds carrés par F. I.*	
Surface chauffée...	.013 à .02	" " " "	
Aire des tubes.....	.024 à .025	" " " "	

Les tubes des chaudières marines ont ordinairement 2 ¾ pouces de diamètre intérieur ; la longueur est de 5 à 6½ pieds, avec une pente de ½ pouce par pied.

Etais, 1½ pouce de diamètre.

Espace d'eau de 5 à 6 pouces.

Hauteur du foyer au-dessus du plancher 2½ pieds.

Longueur du foyer de 5 à 7½ pieds.

Longueur des grilles....2½ à 3 pieds.

Hauteur au centre de la grille....0.12 de la longueur.

" des bouts " .... .06 " " "

* F. I. signifie force indiquée.

Espace entre les grilles " .... $\frac{1}{4}$ à $\frac{5}{8}$ pouce.
Epaisseur des grilles " .... $\frac{3}{4}$ à 1 "
Minimum de hauteur d'eau au-dessus des tubes....8 pouces; et au-dessus des carneaux, 6 pouces.
Inclinaison du foyer, 1 pouce par pied.

Chaudières des usines et ateliers

Pour chaque force " nominale " de cheval :
1 pied cube d'eau par heure.
1 verge carrée de surface de chauffe.
$\frac{3}{4}$ pied carré de foyer.
1 verge cube de capacité.
28 pouces carrés d'aire dans les carneaux.
18 " au-dessus de l'autel du fourneau.
Longueur des chaudières cylindriques à double carneau :

$\frac{1}{6}$ *longueur* × *diamètre* = Force N. C.*

Valeur relative des surfaces chauffées

Surface horizontale au-dessus de la flamme....1.00
" verticale " " 0.50
" horizontale au-dessous " 0.00
Carneaux et tubes....$1\frac{1}{4}$ leurs diamètres
Surfaces convexes au-dessus de la flamme $1\frac{1}{6}$ diamètre.
Inclinaison de la chaudière vers le robinet de vidange.

La force en tonnes requise pour couper un rivet de fer de *Lowmoor*, est 18 fois le carré du diamètre du rivet.

La force requise en tonnes, pour trancher 1 pouce carré de fer avec une bonne machine, est de 16 à 18 tonnes.

Une chaudière cylindrique à le double de force résistante sur sa longueur que sur son diamètre.

Pour trouver le poids d'une chaudière : la surface en pieds carrés, multipliée par l'épaisseur en huitièmes de pouce, et divisée par 20, sera le poids en quintaux.

$$\frac{\text{Surface en pieds carrés} \times \text{les 8es de pouces}}{20} = \text{quintaux}$$

Ou, la surface en pieds carrés, multipliée par 6 livres pour chaque 8e de pouce d'épaisseur. Cette dernière règle comprend aussi les joints et les rivets.

Pour trouver le nombre de rivets requis :

Une chaudière doit avoir 4 courses de 6 plaques, et les trous dans chaque plaque sont de 27 sur 19. Combien de rivets faut-il?

---

* F. N. C., force nominale de chevaux.

En longueur	En largeur
27 trous	19 trous
—1	—2
26 rivets	17 rivets
6 feuilles	6 feuilles
156	102
5 joints	4 courses
780 rivets	408 rivets

780 + 408 = 1188 rivets

On est obligé de soustraire 1 sur la longueur, car les deux des coins n'en font qu'un lorsque les feuilles sont croisées, conséquemment on doit compter 1 rivet de moins.

On soustrait 2 sur les joints en travers, parce qu'on a déjà soustrait 1 dans la circonférence ; il y a par conséquent 5 rangs de rivets, y compris les deux bouts.

Règle approximative pour trouver la force nominale d'une chaudière.

La longueur en pieds multipliée par la largeur en pieds, et divisée par 6, donne la force nominale en chevaux.

Quantité de surface chauffée

Ou puissance calorifique.

Pour pouvoir trouver en forces de chevaux le pouvoir d'une chaudière, il est nécessaire de s'assurer la quantité de surface chauffée.

Règle.—Pour trouver la surface chauffée :

1. Multipliez la circonférence d'un tube par sa longueur, le produit sera la surface d'un tube.
2. Multipliez la largeur par la hauteur d'une des têtes des tubes en pouces, le produit sera l'aire totale d'une tête.
3. Multipliez l'aire d'un tube par le nombre des tubes, le produit sera l'aire de tous les tubes, en pouces carrés.
4. Soustrayez l'aire des tubes de l'aire totale d'une tête, le reste sera l'aire effective d'une tête.
5. Multipliez l'aire effective par 2, pour avoir l'aire des deux têtes.
6. A la surface effective des deux têtes, ajoutez la surface des tubes, et divisez la somme des surfaces par 144 ; le quotient sera la surface de chauffe en pieds carrés.

Ex. 1.—Quelle est la surface de chauffe d'une chaudière dont les têtes ont 19 pieds 8 pouces de largeur sur 8 pieds 3 pouces de hauteur, avec 462 tubes de $2\frac{1}{4}$ pouces de diamètre, et 8 pieds 7 pouces de longueur ?

Aire des tubes.

Diam. 2.5 — 0.7854
2.5 — 6.25

125 — 39270
50 — 15708
47124

6.25
aire d'un tube 4.908750
462

981750
2945250
1963500

Aire des tubes 2267,8425

Surface des têtes

Longueur 19 pds 8 pcs — 236 pouces
Largeur 8 pds 3 " — 103 "

708
2360

Surface d'une tête — 24308 pouces carrés
Aire des tubes — 2267.8425

Aire effective — 22040.1575
2

Aire des 2 têtes — 44080.3150

Surface des tubes

2,5 × 3.1416 × 99 × 462
3.1416
2,5

157080
62832

Circonférence — 7,854,00
longueur des tubes — 99 ou 8 pds 3 pcs

70686
70686

777,546
462

1555092
4665276
3110184

359226.252 surface des tubes

Surface des 2 têtes	44080.315
Surface des tubes	359226.252
Somme des surfaces	403306.567

144 { 12)403306.567
12) 33608.880
2800.74 pieds carrés

Ex. 2.—Quelle est la surface de chauffe des têtes et des tubes 'une [illegible]udière dont les têtes ont 21 pieds 6 pouces de largeur sur 1 pi[illegible] pouces de hauteur, avec 243 tubes de 3 pouces de diamètre, et 6 pieds 6 pouces de longueur ?

long. 21 pds 6 pcs	258 pcs
larg. 11 " 3 "	135 "
	1290
	774
	258
	34830
	1717.6698
	33112,3302
	2
Surface des 2 têtes	66224.6604

Aire des tubes :

	.7854
Diamètre 3, carré	9
Aire d'un tube	7.0686
Nombre des tubes	243
	212058
	282744
	141372
Aire totale des tubes	1717.6698

Surface des tubes :

$3 \times 3{,}1416 \times 78 \times 243$

```
         3.1416
              3
        -------
         9.4248
             78
        -------
         753984
        659736
        -------
       735.1344
            243
       --------
       22054032
      29405376
     14702688
     ----------
     178637.6592 Surface des tubes
```

Surface des 2 têtes	66224,6604
Surface des tubes	178637,6592
Somme des surfaces	244862,3196

```
     ⎧ 12)244862.3196
     ⎪    -----------
 144 ⎨ 12)  20405.1933
     ⎪      -----------
     ⎩       1700.4327  pds carrés
```

Les calculs peuvent aussi être faits en prenant les dimensions e[n] pieds : par exemple, pour la chaudière précédente :

Diamètre des tubes, 3 pcs égalent 0.25 pieds
longueur des tubes 6 pds 6 pcs, ou 6.5

```
            .25 pied
            .25
            ---
            125
            50
            ---
          .0625
          .7854
          -----
           2500
          3125
         5000
        4375
      ---------
      .04908750
            243
      ---------
       1472625
      1963500
      981750
      ----------
Aire des tubes 11.9282625
```

Hauteur de tête 11.25
Largeur 21.5

5625
1125
2250

Surface d'une tête 241.875 pds carrés
Aire des tubes 11.9283

229.9467
2

459.8934 surface des deux têtes.

Surface des tubes
3.1416 × .25 × 6.5 × 243
3.1416
.25

157080
62832

.78540
6.5

39270
47124

5.1051
243

153153
204204
102102

1240,5393 pieds carrés

Surface des tubes 1240.5393
Surface des 2 têtes 459.8934

1700.4327

Les règles précédentes ne comprennent pas toute la surface de chauffe d'une chaudière ; il y a les fourneaux, les carneaux, et toutes les autres surfaces exposées au feu, qui sont effectives, et qu'il faut ajouter aux surfaces des têtes et des tubes, pour avoir la surface totale de chauffe.

La surface totale divisée par 10 est égale au nombre de forces chevaux.

EXERCICES

N.	Tubes: Diamètr.	Tubes: Longueur	Têtes: Nombre	Têtes: Largeur	Têtes: Hauteur
1	$2\frac{1}{2}$ pcs	6 pds 4 pcs	130	6 pds 5 pcs	5 pds 9 pcs
2	$3\frac{1}{4}$ "	7 " 3 "	183	10 " 3 "	7 " 6 "
3	2 "	6 " 6 "	145	6 " 9 "	5 " 0 "
4	$3\frac{1}{2}$ "	7 " 2 "	126	6 " 4 "	4 " 10 "

Diamètre et poids des tubes à chaudières

(Brevet de Prosser)

Diamètre extérieur	Epaisseur, jauge de Birmingham	Poids moyen en livres	Diamètre extérieur	Epaisseur, jauge de Birmingham	Poids moyen en livres
en pcs		par pied	en pouces		par pied
$1\frac{1}{4}$	16	1	3	11	3.5
$1\frac{1}{2}$	15	1.16	$3\frac{1}{4}$	11	4
$1\frac{3}{4}$	14	1.63	4	8	6.4
2	13	2	5	7	9.1
$2\frac{1}{4}$	12	2.16	6	6	12.3
$2\frac{1}{2}$	12	2.56	7	6	15,2
$2\frac{11}{16}$	11	2,2	8	5	16.

Remarques. L'unité de chaleur nommé *calorie* se rattache a[u] système des unités métriques ; c'est la chaleur nécessaire po[ur] élever de 1 degré Centigrade ($\frac{9}{5}$ de degré Fahrenheit) 1 kil[o]gramme d'eau (2 livres $\frac{1}{5}$).

On a reconnu que 1 kilogramme de bonne houille, en brûla[nt] complètement, peut élever de 1 degré 7500 kilogrammes d'ea[u] ou de 10 degrés 750 kilogrammes d'eau, ou de 100 degrés (du dé[-] gel à l'ébullition) 75 kilogrammes d'eau. C'est pourquoi on di[t] que 1 kilogramme de houille peut produire 7500 calories ou uni[-] tés de chaleur.

Il faut 100 calories pour élever un kilogramme d'eau du dég[el] à l'ébullition ; il faut 540 calories pour faire passer 1 kilogramm[e] d'eau du point d'ébullition à l'état de vapeur ; donc en tout 6[40] calories pour faire passer 1 kilogramme d'eau du dégel à l'état d[e] vapeur.

Théoriquement, on trouve qu'un poids quelconque de hou[ille] devrait donner 11 fois $\frac{2}{3}$ le même poids de vapeur ; pratiqueme[nt] on n'obtient guère que la moitié de cette quantité. On sait q[ue] le tirage de la cheminée absorbe le quart de la chaleur produit[e ;] il y a donc un autre quart de perdu dans l'ensemble et le dét[ail] des appareils.

L'ouverture ménagée à l'entrée de l'air, entre les barreaux [de] la grille du foyer, est réglée de manière à égaler la section tra[ns]versale de la cheminée.

POIDS DES CORNIÈRES EN FER

De $1\frac{1}{4}$ à $4\frac{1}{2}$ pouces

un pied en longueur

Epaisseur mesurée à demi-distance du côté.

Côtés égaux			Côtés inégaux		
Côtés	Epaiss.	Poids	Côtés	Epaiss'	Poids
Pouces	Pouces	en livres	Pouces	Pouces	livres
1.25 × 1.25	$\frac{3}{16}$	1.5	3. × $2\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	6.25
1.5 × 1.5	$\frac{3}{16}$	2.	3.5 × 3.	$\frac{7}{16}$	7.75
1.75 × 1.75	$\frac{1}{4}$	3.	3.5 × 3.	$\frac{1}{2}$	9.6
2. × 2.	$\frac{1}{4}$	3.5	4. × 3.	$\frac{1}{2}$	11.
2,25 × 2.25	$\frac{5}{16}$	4.5	4. × 3.5	$\frac{1}{2}$	11.5
2.5 × 2.5	$\frac{5}{16}$	5.	4.5 × 3.	$\frac{1}{2}$	11.75
3. × 3.	$\frac{3}{8}$	7.	5. × 3.	$\frac{1}{2}$	12.63
3.5 × 3.5	$\frac{7}{16}$	9.	5. × 3.	$\frac{9}{16}$	13.37
4. × 4.	$\frac{1}{2}$	12.5	5.5 × 3.5	$\frac{1}{2}$	14.5
4.5 × 4.5	$\frac{1}{2}$	14.	5.5 × 3.5	$\frac{9}{16}$	15.6
4.5 × 4.5	$\frac{9}{16}$	16.	6. × 3.5	$\frac{5}{8}$	18.
2. × 2.375*	$\frac{3}{8}$	5.5	6. × 4.5	$\frac{5}{8}$	20.
2.5 × 2.875	$\frac{3}{8}$	6.5			
3.5 × 3.5	$\frac{7}{16}$	10,5			
4 × $\frac{7}{16}$ × 3.5 × $\frac{3}{4}$ = 13 lbs					
4 × 3.5	$\frac{3}{4}$	13.5			

* La hauteur de l'arête est ajoutée à l'épaisseur

Soupapes de Sûreté

PAR LEVIERS

Dans l'article sur les leviers, il a été question des soupapes de ...reté ; cependant les exemples suivants auront leur utilité.

Règle à suivre

1. Multipliez le carré du diamètre par .7854, le produit sera ...ire de la valve ou soupape.
2. Multipliez l'aire de la valve par la pression, le produit sera ...pression sous la valve.
3. Soustrayez de la pression sous la valve le poids de la valve, ...le poids effectif du levier.
4. Multipliez le reste obtenu (No 3) par la distance du fulcrum ...a valve, et divisez le produit par la distance du fulcrum au ...ier; le quotient sera égal au poids.

Ex. 1—Quel est le poids nécessaire au bout d'un levier de 29 pouces, du fulcrum au poids, la distance du fulcrum à la valve étant de 4 pouces; le diamètre de la valve 3⅞ pouces, le poids de la valve 3 livres 6 onces, le poids effectif du levier 24 livres et 8 onces, pour avoir une pression de 25 lbs au pouce carré sur la valve ?

Diamètre de la valve 3⅞ ou 3.875

Poids du levier 24 lbs 8 onces + poids de la valve = 27.875 lbs.

$3.875^2 \times .7854 \times 25 = 294.83$, pression sous la valve

```
        3.875
        3.875
        -----
        19375
       27125
      31000
     11625
     ----------
     15.0156.25
         7854
     ----------
      600624
     750780
    1209248
   1051092
   ----------
   11.79325224  aire de la valve
```

```
Aire de la valve                 11.7932
                                      25
                                 -------
                                  589660
                                 235864
                                 -------
Pression sous la valve           294.830
Poids du levier et de la valve    27.875
                                 -------
Pression effective               266.955
                                       4
                                 -------
                              29)1067.82(36.821
                                  87
                                  ---
                                  197
                                  174
                                  ---
                                   238
                                   232
                                   ---
                                     62
                                     58
                                     --
                                     40
Le poids sera 36.821 livres          29
```

Ex. 2—Quel est le poids à placer au bout d'un levier de 31 pouces, du fulcrum au poids, la distance du fulcrum à la valve étant de 5 pouces, le diamètre de la valve 5 pouces, le poids de la valve 6 livres, le poids effectif du levier 6 livres, pour avoir une pression de 12 livres au pouce carré ?

Aire de la valve $5^2 \times .7854 = 19.635$ (voir la table des aires)
12 lbs
———
235.620
Poids du levier et de la valve 12
———
223.62 pression effective
5
———
Longueur du levier 31)1118.10(36.07 livres
93
——
188
186
——
210
217

$$\frac{A\,P\,F}{L} = W \ldots \text{poids}$$

Pour trouver la longueur du levier :

L'opération est la même que dans la formule précédente jusqu'à la division ; alors, au lieu de diviser par le levier, il faut diviser par le poids connu, le quotient est la longueur du levier, ou la distance entre le point de suspension du poids, et le fulcrum ou point d'appui du levier.

Soupapes balancées par la vapeur ou à équilibre

Les soupapes ou valves balancées sont deux valves superposées sur une même tige ; la valve inférieure est plus petite que la supérieure ; la pression est admise au-dessus de la plus grande, et au-dessous de la plus petite ; conséquemment la pression exercée sous la petite valve contrebalance une partie de la pression exercée sur la grande, en raison de la différence des surfaces. Pour obtenir la pression voulue, ces valves sont ordinairement chargées sur la tige même par des poids en plomb.

Pour trouver le poids à placer sur les valves, les diamètres des valves et la pression étant donnés,

RÈGLE.—Multipliez la différence des carrés des deux diamètres par .7854, puis par la pression ; le produit sera le poids demandé.

Ex. 1.—Quel doit être le poids à placer sur une valve balancée, pour avoir une pression de 32 livres au pouce carré, les diamètres des valves étant de 8 et 6 pouces ?

Poids $= (8^2 - 6^2) \times .7854 \times 32$
" $= (64 - 36) \times .7854 \times 32$
" $= 28 \times .7854 \times 32$

,7854
28
62832
15708
21.9912 pcs carrés

21.9912
32 lbs pression
439824
659736
Rép. 703,7184 lbs

Ex. 2.—Quel doit être le poids à placer sur une valve balancée, pour avoir une pression de 26 lbs au pouce carré, les diamètres des valves étant de 12½ et 9¼ ?

$$\text{Poids} = (12.5^2 - 9.25^2) \times .7854 \times 26$$
$$\text{“} \quad = 70.6875 \times .7854 \times 26$$

12.5
12.5
625
250
125
156.25
85.5625
70.6875

9.25
9.25
4625
1850
8325
85.5625

70.6875
.7854
2827500
3534375
5655000
4948125
55.5179625 pcs carrés

55.518
26
333108
111036
Réponse 1443.468 lbs

Exercices

N.	Diamètres	Pressions	N.	Diamètres	Pressions
1	9 et 10 pcs	20 lbs	3	13½ et 11 ¾	35 lbs
2	8 “ 7 “	26 “	4	6 et 5.5	24 “

La meilleure proportion à donner aux soupapes de sûreté est ⅝ de pouce carré par force de cheval.

Le nombre de chevaux étant multiplié par 8, la racine carrée du produit est égale au diamètre, pour une seule valve.

Nombre de soupapes

Mais lorsque deux soupapes sont appliquées à la même chaudière, le nombre de chevaux étant multiplié par 4, la racine carrée du produit est le diamètre de chaque valve.

Le siège d'une valve ne doit pas avoir plus de $\frac{1}{16}$ de pouce de largeur.

$\sqrt{FC \times .8}$ = Diamètre pour une valve
$\sqrt{FC \times .4}$ = " " deux
$\sqrt{FC \times 3.5}$ = " " trois

Réduction de presssion

L'usure continuelle des chaudières exige souvent une réduction de pression. Pour les valves chargées directement sur la tige, comme le sont celles des bateaux à vapeur, la question est une simple règle de proportion.

Règle.—La pression primitive : la différence des pressions : le poids primitif : poids à ôter.

Ou bien : La pression primitive : la nouvelle pression :: le poids primitif : au nouveau poids.

Ex. 1.—Un poids de 750 livres, chargé directement, répond à une pression de 36 livres au pouce carré ; combien de livres faut-il ôter pour réduire la pression à 24 livres au pouce carré ?

Pression primitive		Différence		Poids primitif		Poids à ôter
36	:	12	::	750	:	x

```
     750
      12
    ----
36)9000(250 lbs
   72
   ---
   180
   180
   ---
     0
```

En divisant les deux premiers termes par 12 on obtient la proportion

3 : 1 :: 750 : x 3)750 = 250

Ex. 2.—Un poids de 450 livres placé directement sur la valve, répond à une pression de 40 livres par pouce carré ; quel sera le poids requis pour une pression de 32 livres au pouce carré ?

40 : 32 :: 450 : x

ou, en divisant les deux premiers termes par 8

5 : 4 :: 450 : x

```
      4
   ----
5)1800
```

Nouveau poids = 360 livres

Hauteur de soulèvement d'une valve pour que l'aire d'échappement soit égale à l'aire de l'orifice :

Divisez le diamètre par 4 ; le quotient est la hauteur.

La circonférence de 1, est à l'aire de 1, comme 4 est à 1.
3.1416 ÷ .7854 = 4

Ex.—A quelle hauteur doit s'élever une valve de 5½ pouces de diamètre, pour former un passage égal à l'aire de la valve ?

4) 5,5
—— = 1⅜ pouce.
1,375

Pour trouver l'effet du poids du levier sur la soupape, il faut d'abord trouver le poids du levier, soit par pesée soit par calcul.

Le centre de gravité d'un levier d'une grosseur uniforme est au centre de sa longueur.

Règle.—Multipliez le poids du levier par la moitié de sa longueur ; divisez le résultat par le distance du fulcrum à la valve ; le quotient exprimera en livres l'effet du levier sur la valve.

Ex.—Quel sera, sur la valve, l'effet d'un levier de 40 pouces de longueur, pesant 20 livres, la distance du fulcrum à la valve étant de 4 pouces ?

$20 \times 20 \div 4 = 100$ lbs.... effet demandé.

Si un levier n'est pas d'une grosseur uniforme, mais s'il est régulier dans sa forme, il faut trouver le centre de gravité du levier.

Règle.—Etablissez la proportion comme suit :

$B : b :: L : x$ distance du centre de gravité.

Ou : la section du gros bout est à la section du petit bout, comme la longueur totale est à la distance du petit bout au centre de gravité.

Comme les distances sont en raison inverse des poids, la distance ainsi obtenue se mesure à partir du petit bout.

Ex.—Supposons un levier d'épaisseur uniforme, 2½ pouces de hauteur au gros bout, 1½ pouce au petit bout, 40 pouces de longueur, pesant 20 livres ?

B b L
2.5 : 1.5 :: 40 : x = 24 pcs du petit bout.
40—24 = 16 pcs du gros bout.
$16 \times 20 \div 4 =$ 80 livres d'effet sur la valve à 4 pouces du fulcrum.

L'efficacité du poids qui agit sur une soupape de sûreté, est affectée par le tangage d'un vaisseau à la mer, en raison du degré d'inclinaison ; il est évident que si le vaisseau était renversé sur le côté, le poids n'aurait plus d'effet pour maintenir la soupape en position.

Ex. 1.—Dans le calme, la tête du mât d'un vaisseau est à 80 pieds au-dessus de l'eau : mais, par le roulis, la tête du mât vient à 72 pieds de l'eau ; une valve de 5 pouces de diamètre est chargée directement avec un poids de 600 livres ; à quelle pression la valeur s'échappera-t-elle dans ces conditions ?

Pression sur la valve aplomb ou dans le calme :

$$\frac{600}{25 \times .7854} = 30,55 \text{ livres}$$

80 : 72 :: 30,55 : x ou 27.495 livres

Ex. 2.—La tête du mât d'un vaisseau aplomb est à 71 pieds au-dessus de l'eau, mais les voiles étant mises avec un vent de côté, le vaisseau penche jusqu'à ce que la tête du mât soit à 62 pieds de l'eau ; le diamètre de la valve est de 4 pouces, et la soupape est chargée d'un poids de 480 livres ; à quelle pression s'échappera la vapeur dans ces conditions ?

Vaisseau aplomb $\frac{480}{4^2 \times .7854} = 38,2$

71 : 62 :: 38.2 : x = 33.35 livres

Vu l'inconvénient des poids, des ressorts ont été appliqués aux valves de sûreté, et on obtient la pression désirée par le plus ou moins de compression du ressort.

On a d'ailleurs le moyen d'en calculer les effets. Ces ressorts sont en spirale.

Formule pour trouver la compression :

P....Poids total sur la valve
D....Diamètre moyen du ressort
R....Grosseur ou diamètre de l'acier en 16es de pcs
N....Nombre de spires
c....Coefficient de l'acier

c = 30 pour l'acier carré, et 28 pour l'acier rond

$$\frac{PD^3}{R^4 c} N = \text{la compression totale}$$

Ex. 1.—Une valve de sûreté est pressée par un ressort : diamètre de la valve 5 pouces, pression au mamomètre 60 livres, diamètre moyen du ressort 5 pouces, grosseur de l'acier carré ⅜ pouce, nombre de spires 15 ; quelle est la compression à donner à ce ressort pour produire la pression requise ?

$$\frac{.7854 \times 5^2 \times 60 \times (4\tfrac{5}{8})^2}{10^4 \times 30} = .32882$$

0.328 82 × 15 = 4.932 pouces

Formule pour trouver la grosseur de l'acier : $R = \frac{PD}{8000} \times \frac{1}{3}$

R se mesure du dedans du ressort au dehors du côté opposé.

Ex. 2.—Pression par ressort : diamètre de la valve 5 pouces, pression au manomètre 60 livres, diamètre moyen du ressort 5 pouces ; quelle doit être la grosseur de l'acier, en décimales de pouce ?

$$R = \left(\frac{.7854 \times 5^2 \times 60 \times 5}{8000}\right) \frac{1}{3} = 0.9 \text{ de pouce}$$

Diamètre extérieur = 5.9 diamètre intérieur = 4.1

Ex. 3.—Une valve de 5 pouces de diamètre a un ressort de 4 pouces de diamètre extérieur ; acier carré de ¾ pouces ; quelle sera la pression au pouce carré ?

$$\text{Formule : } \frac{8000\ R^3}{D} = \text{Pression totale sur la valve}$$

$$\text{Poids total} \ldots \frac{8000 \times .75^3}{3.25} = 1038.46 \text{ livres}$$

Aire de la valve.... $5^2 \times ,7854 = 19.635$ pouces carrés.

Pression au pouce carré $103846 \div 19.635 = 52.88$ livres.

Par cette règle, on obtient, soit la grosseur de l'acier, soit le diamètre du ressort.

Ex. 4.—Quel doit être le diamètre d'un ressort en spirale pour une valve de 4½ pouces de diamètre, avec une pression de 70 livres, la grosseur de l'acier étant ⅞ de pouce carré ?

$$\text{Formule : } D = 8000\ R^3 \div P$$

$$D = \frac{8000 \times \frac{7}{8} \times \frac{7}{8} \times \frac{7}{8}}{.7854 \times 4\frac{1}{2} \times 4\frac{1}{2} \times 70} = 4.814$$

Diamètre extérieur = 4.814 + 0.875 = 5.689 pouces

Ex. 5.—Si une compression de 2 pouces sur un ressort est égale à une pression de 65 livres par pouce carré sur la valve, quelle sera, au pouce carré, la pression exercée par le ressort, quand la valve sera soulevée de manière que l'issue circulaire soit ⅙ de la superficie de la soupape, dont le diamètre est de 6¾ pouces ?

4)6.75

6)1.875 élévation égale à l'aire de la valve

.28125 " " ⅙ " " "

2 : 28125 :: 65 : x=9.14 livres
Première pression 65 livres
Extra 9.14

Pression résultante 74.14

Il faut que la pression limitée, augmentée de 5 pour cent, puisse s'échapper par la valve ; tant que les deux pressions sont égales entre elles, il y a équilibre, et la vapeur ne peut s'échapper.

Quand une soupape de sûreté est établie dans les conditions requises, l'augmentation de la résistance du ressort occasionnée par l'échappement de la vapeur, est égale au diamètre de la valve divisé par la compression primitive du ressort.

Ex. 6.—Supposons une chaudière ayant 60 pieds carrés de foyer ; une compression de 3 pouces du ressort est égale à 60 livres au pouce carré ; quelle sera la pression exercée par le ressort lorsqu'on laisse échapper la vapeur ?

D'abord il faut trouver le diamètre de la valve : 60 pds carrés de foyer divisés par 2 donnent 30 pouces carrés, puisqu'un demi-pouce carré de valve est alloué par pied carré de foyer.

$\sqrt{30 \times .7854}$ = 6.18 pouces, diamètre de la valve

3)6.18

2.06 livres, pression extra due au ressort.
60.... pression primitive.
3.... le 5 pour cent indépendant du ressort

65.06 pression exercée par le ressort.

Pour trouver le nombre de pieds cubes d'eau passés par minute pas un orifice situé au bas de la chaudière :

Règle.—Le nombre de pieds cubes par minute égale 2½ fois le carré du diamètre de l'orifice, multiplié par la racine carrée de la pression.

Ex. 1.—La superficie du niveau de l'eau dans une chaudière est de 120 pieds carrés, avec une pression de 50 livres ; en combien de temps l'eau baissera-t-elle de 6 pouces, par un trou de ⅞ pouce donnant dans le cendrier ?

$$2\tfrac{1}{2}\, d^2 \sqrt{P} = \text{Pieds cubes par minute}$$
$$2\tfrac{1}{2} \times .175^2 \times \sqrt{50}$$
$$2.5 \times .765625 \times 7.07 = 13.5324$$
$$\text{Pieds cubes à décharger} = 120 \times \tfrac{6}{12} = 60 \text{ pieds cubes}$$
$$\text{Temps} = 60 \div 13{,}5324 = 4 \text{ minutes } 26 \text{ secondes.}$$

Ex. 2. La superficie du niveau de l'eau d'une chaudière égale 2½ fois celle du foyer ; 16 livres de charbon sont consommées par pied carré de foyer et par heure : si l'on arrête l'alimentation, en combien de temps perdra-t-on l'eau de vue dans l'indicateur à verre ?

Pieds cubes d'eau évaporés par heure et par pied carré de foyer :
16 lbs × 8½lbs ÷ 62.5 = 2.176
Pieds cubes à évaporer par pied carré de foyer :
2¼ pds carrés × $\frac{6}{12}$pds = 1.125
Donc 2.176 : 1.125 :: 60 minutes : x = 31.02 minutes.

Injecteur Giffard

Q....Quantité d'eau injectée par minute
P....Pression en atmosphères.
D....Diamètre de la gorge, ou décharge.

$D = .0158\sqrt{(2 \div \sqrt{P})}$ $Q = (63.4\,D)^2\sqrt{P}$

TABLE

indiquant le nombre de gallons par heure injectés par un bon Giffard.

Diamètres en décimales de pouce	Quantité de gallons par heure avec les pressions ci-dessous				
	30 lbs	60 lbs	90 lbs	120 lbs	150 lbs
0.1	56	80	98	113	127
0.15	127	180	221	255	285
0.2	226	321	393	455	508
0.25	354	502	615	711	793
0.3	505	722	884	1021	1140

Proportions ordinaires des pompes alimentaires

Le diamètre de la pompe alimentaire égale le diamètre du cylindre à vapeur × 0.3, quand la course de la pompe est ½ de la course du piston de la machine.

Il égale le diamètre du cylindre × 0.42, quand la course de la pompe est le quart de la course du piston de la machine.

Pour machines à haute pression :

Le diamètre de la pompe alimentaire égale :

$\frac{1}{11}$ du diamètre du cylindre, quand la course de la pompe est égale à celle du piston ;

⅛ du diamètre du cylindre, quand la course de la pompe est la ½ de celle du piston ;

⅕ du diamètre du cylindre, quand la course de la pompe est ¼ de celle du piston.

Pour machines à basse pression

Le diamètre de la pompe alimentaire égale :

$\frac{1}{11}$ du diamètre du cylindre, quand la course de la pompe est la ½ de celle du piston du cylindre ;

$\frac{1}{2}$ du diamètre du cylindre quand la course de la pompe est le $\frac{1}{4}$ de celle du piston du cylindre.

Le carré du diamètre du corps de la pompe, multiplié par.7854, puis par la longueur de la course, exprime, en pouces cubes, la capacité de la pompe ; ce produit, multiplié par le nombre de coups de piston de la pompe par minute, donne le nombre de pouces cubes que cette pompe peut livrer dans une minute ; mais comme le vide formé dans le corps de la pompe est bien souvent diminué par l'air qui s'y introduit, il faut demander davantage à la pompe, pour atténuer cette perte.

On considère la pompe alimentaire comme pouvant donner effectivement les $\frac{5}{8}$ ou les $\frac{6}{8}$ de la capacité théorique de cette pompe.

Le nombre de pouces cubes livrés dans un temps donné, divisé par 1728, ou multiplié par la valeur inverse 0,0005787, est égal au nombre de pieds cubes livrés dans le même temps.

Le nombre de pouces cubes à la minute, multiplié par 0,03472, est égal au nombre de pieds cubes par heure.

Ex. 1.—Combien de pieds cubes d'eau pourra livrer une pompe dans une heure, le diamètre étant de 3 pouces, la longueur du corps 10 pouces, s'il y a 18 coups par minute, et si l'on compte le rendement à $\frac{5}{8}$?

$3^2 \times .7854 = 7.0686$ les $\frac{5}{8}$ de 10....$10 \times 5 \div 8 = 6.25$

```
                           7.0686
  5/8 de la course           6,25
                         --------
                           353430
                          141372
                         424116
                         --------
                         44,17875,0   capacité d'un coup de piston
  Nombre de coups                18
                         ----------
                         3534300.0
                         4417875
                         ----------
                         795,2175,0   pouces cubes par minute
                                 60
                         ----------
                     12)47713,0500    pouces cubes à l'heure
                        -----------
 1728                  12)3976,087
                        -----------
                        12)331,340
                        ----------
                           27.6116    pieds cubes à l'heure.
```

Pouces cubes à l'heure.		Pouces cubes par minute
47713,05		795,2175
,00058		,03412
3 8170440		15904350
23 856525		55665225
		3 1808700
27,663569	pieds cubes	23 856525
		27,609951400

Ex. 2.—Combien de pieds cubes d'eau pourra livrer une pompe dans une heure, le diamètre étant de 3 pouces¼, et la course de 15 pouces, s'il y a 15 coups par minute, et si l'on compte le rendement ⅔ ?

3.25 × 3.25 × .7854 = 8.29578
Les ⅔ de 15. . . 15 × 2 ÷ 3 = 10
8.29578 × 10 = 82.9578 capacité d'un coup

```
  82.9578
       15
  -------
  4147890
  829578
  -------
  1244,367   pouces cubes par minute
        60
  -------
  72662,02   pouces cubes par heure
    ,00058
  -------
  5 8129616
 36 331010
  -------
 42,1439716  pieds cubes par heure
```

Pour trouver le diamètre d'une pompe, devant alimenter une chaudière d'un pouvoir donné, la course de la pompe et le nombre de coups étant donnés :

Règle.—Divisez le nombre de pieds cubes requis par minute par le nombre de coups de pompe dans le même temps ; le quotient sera la capacité de la pompe en pieds cubes.

Multipliez la capacité de la pompe en pieds cubes par 1728, pour avoir des pouces cubes.

Divisez ce nombre de pouces cubes par les ⅔ de la course de la pompe, le quotient sera l'aire de la pompe.

L'aire de la pompe étant divisée par .7854, l'extraction de la racine carrée du résultat donne le diamètre cherché.

Ex.—Une chaudière de 54 forces " nominales " de chevaux doit être alimentée par une pompe de 12 pouces de course, donnant 84 coups par minute, quel doit être le diamètre ?

Nota.—Puisqu'il faut un pied cube d'eau par heure par force de cheval, il faut diviser 54 par 60 pour avoir la quantité par minute.

(54 ÷ 60) × 1728 = 1555,2 pouces cubes.
1555,2 ÷ par le nombre de coups 84 = 18,4 pouces cubes
18,4 ÷ ⅞ de la course 8 = 2,3, aire de la pompe
$\sqrt{2,3 \div .7854} = 1,732$....diamètre demandé.

Ce diamètre paraîtra certainement petit, si on le compare aux pompes ordinairement en usage ; mais il faut remarquer que ces pompes sont faites pour fournir le double de la quantité requise : c'est une règle.

Pour trouver la longueur de la course, le diamètre étant donné, il faut diviser le nombre de pouces cubes d'un coup de piston de la pompe par l'aire de la pompe ; le quotient sera la longueur de la course, à quoi il faudra ajouter ⅞ ou ⅓ de la course.

Vidange des chaudières

Etant donnée la hauteur en pieds de la ligne de flottaison au-dessus du robinet de vidange d'un bateau à vapeur, trouver la pression nécessaire pour purger la chaudière:

Règle.—Divisez le nombre de pieds et fraction qu'il y a entre le robinet de vidange et la ligne de flottaison par 2.305 ; le quotien sera la pression en livres.

Ex. 1.—Quelle est la pression nécessaire pour purger l'eau d'une chaudière, le robinet de vidange étant à 18 pieds 6 pouces au-dessous de la ligne de flottaison ?

18,5 ÷ 2,305 = 8,026

```
2,305)18,500(8,026 livres
      18 440
      ------
        6000
        4610
      ------
       13900
       13830
      ------
```

Une colonne d'eau d'un pouce carré de section et de 2,305 pieds de hauteur pèse une livre.

Ex. 2.—Quelle est la pression nécessaire pour purger l'eau d'une chaudière, le robinet de vidange étant à 13 pds 2 pcs au-dessous de la ligne de flottaison ?

13,1666 ÷ 2,305 = 5,71

```
2,305)13,1666(5,71
      11,525
      ------
       16416
       16135
      ------
        2810
```

Capacité des soutes à charbon

Pour trouver la capacité des soutes à charbon, la longueur, la largeur, la profondeur, et l'espace occupé par une tonne en pieds cubes étant donnés :

RÈGLE.—Multipliez la longueur, par la largeur, et le produit par la profondeur ;

Divisez ce dernier produit par le nombre de pieds cubes qu'il y a dans une tonne ; le quotient sera la quantité en tonnes et fractions.

Ex. 1.—Combien de tonnes contient une soute de 18 pieds 9 pouces de long, 7 pds 6 pcs de large, 8 pieds 3 pouces de profondeur, à 38,6 pieds par tonne ?

18,75 × 7,5 × 8,25 ÷ 38,6 = 30,0559

18,75	140,625	38,6)1160,15625(30,0559
7,5	8,25	1158
9375	703125	2156
13125	281250	1930
	1125000	
140,625		2262
	1160,15625	1930
		3325
		3474

Ex. 2.—Combien de tonnes contient une soute de 20 pieds 4 pouces de longueur, 8 pieds 7 pouces de largeur, et 4 pieds 3 pouces de profondeur, à 44 pieds cubes par tonne ?

20,333 × 8,5833 × 4,25 ÷ 44 = 16,85745 tonnes

20,333	
8,5833	
60999	
60999	
162664	
101665	16,85745
162664	20
174,5242389	17,1490
4,25	4
8 726211945	0,596
34 90484778	28
698 0969556	
	4768
12)741,728015325	1192
4)67,429819575	16,688
16,85745,489	

16 ton. 17 qtx 0 qrts 17 lbs environ

Aires des Cercles

Diam.	Aires des cercles pour des diamètres de 8e en 8e.							
	.0	.$\frac{1}{8}$	.$\frac{1}{4}$	.$\frac{3}{8}$	.$\frac{1}{2}$	.$\frac{5}{8}$	.$\frac{3}{4}$	.$\frac{7}{8}$
0	.0	.0122	.0490	.1104	.1963	.3068	.4417	.6013
1	.7854	.9940	1.227	1.484	1.767	2.073	2.405	2.761
2	3.141	3.546	3.976	4.430	4.908	5.411	5.939	6.491
3	7.068	7.669	8.295	8.946	9.621	10.32	11.04	11.79
4	12.56	13.36	14.18	15.03	15.90	16.80	17.72	18.66
5	19.63	20.62	21.64	22.69	23.75	24.85	25.96	27.10
6	28.27	29.46	30.67	31.91	33.18	34.47	35.78	37.12
7	38.48	39.87	41.28	42.71	44.17	45.66	47.17	48.70
8	50.26	51.84	53.45	55.08	56.74	58.42	60.13	61.86
9	63.61	65.39	67.20	69.02	70.88	72.75	74.66	76.58
10	78.54	80.51	82.51	84.54	86.59	88.66	90.76	92.88
11	95.03	97.20	99.40	101.6	103.8	106.1	108.4	110.7
12	113.0	115.4	117.8	120.2	122.7	125.1	127.6	130.1
13	132.7	135,2	137.8	140.5	143.1	145,8	148.4	151.2
14	153.9	156.6	159.4	162.2	165.1	167.9	170.8	173.7
15	176.7	179.6	182.6	185.6	188.6	191.7	194.8	197.9
16	201.0	204.2	207.3	210.5	213.8	217.0	220.3	223.6
17	226.9	230.3	233.7	237.1	240.5	243.9	247.4	250.9
18	254.4	258.0	261.5	265.1	268.8	272.4	276.1	279.8
19	283.5	287.2	291.0	294.8	298.6	302.3	306.3	310.2
20	314.1	318,1	322.0	326.0	330.0	334.1	338.1	342.2
21	346.3	350.4	354.6	358.8	363.0	367.2	371.5	375.8
22	380.1	384.4	388.8	393.2	397.6	402.0	406.4	410.9
23	415.4	420.0	424.5	429.1	433.7	438.3	443.0	447.6
24	452.3	457.1	461.8	466.6	471.4	476.2	481.1	485.9
25	490.8	495.7	500.7	505.7	510.7	515.7	520.7	525.8
26	530.9	536.0	541.1	546.3	551.5	556.7	562.0	567.2
27	572.5	577.8	583.2	588.5	593.9	599.3	604.8	610.2
28	615.7	621.2	626.7	632.3	637.9	643.5	649.1	654.8
29	660.5	666.2	671.9	677.7	683.4	689.2	695.1	700.9
30	706.8	712.7	718.6	724.6	730.6	736.6	742.6	748.6
31	754.8	760.9	767.0	773.1	779.3	785.5	791.7	798.0
32	804.2	810.5	816.9	823.2	829.6	836.0	842.4	848.8
33	855.3	861.8	868.3	874.8	881.4	888.0	894.6	901.3
34	907.9	914.6	921.3	928.1	934.8	941.6	948.4	955.3
35	962.1	969.0	975.9	982.8	989.8	996.8	1003.8	1010.8
36	1017.9	1025.0	1032.1	1039.2	1046.4	1053.5	1060,7	1068.0
37	1075.2	1082.5	1089.8	1097.1	1104.5	1111.8	1119.2	1126.7
38	1134.1	1141.6	1149.1	1156.6	1164.2	1171.7	1179.3	1186.9

Diam.	Aires des cercles							
	.0	.⅛	.¼	.⅜	.½	.⅝	.¾	.⅞
39	1194.6	1202.3	1210.0	1217.7	1225.4	1233.2	1241.0	1248.8
40	1256.6	1264.5	1272.4	1280.3	1288.3	1296.2	1304.2	1312.2
41	1320.3	1328.3	1336.4	1344.5	1352.7	1360.8	1369.0	1377.2
42	1385 4	1393.7	1402.0	1410.3	1418.6	1427.0	1435.4	1443.8
43	1452.2	1460.7	1469.1	1477.6	1486.2	1494.7	1503.3	1511.9
44	1520.5	1529.2	1537.9	1546.6	1555.3	1564.0	1572.8	1581.6
45	1590.4	1599.3	1608.2	1617.0	1626.0	1634.9	1643.9	1652.9
46	1661.9	1671.0	1680.0	1689.1	1698.2	1707.4	1716.5	1725.7
47	1734.9	1744.2	1753.5	1762.7	1772.1	1781.4	1790.8	1800.1
48	1809.6	1819.0	1828.5	1837.9	1847.5	1857.0	1868.6	1876.1
49	1885.7	1895.4	1905.0	1914.7	1924.4	1934.2	1943.9	1953.7
50	1963.5	1973.3	1983.2	1993.1	2003.0	2012.9	2022.8	2032.8
51	2042.8	2052.9	2062.9	2073.0	2083.1	2093.2	2103.4	2113.5
52	2123.7	2133.9	2144.2	2154.5	2164.8	2175.1	2185.4	2195.8
53	2206.2	2216.6	2227.1	2237.5	2248.0	2258.5	2269.1	2279.6
54	2290.2	2300.8	2311.5	2322.1	2332.8	2343.5	2354.3	2365.0
55	2375.8	2386.6	2397.5	2408.3	2419.2	2430.2	2441.1	2452.0
56	2463.0	2474.0	2485.1	2496.1	2507.2	2518.3	2529.4	2540.6
57	2551.8	2563.0	2574.2	2585.5	2596.7	2608.0	2619.4	2630.7
58	2642.1	2653.5	2664.9	2676.4	2687.8	2699.3	2710.9	2722.4
59	2734.0	2745.6	2757.2	2768.8	2780.5	2792.2	2803.9	2815.7
60	2827.4	2839.2	2851.1	2862.9	2874.8	2886.7	2898.6	2910.5
61	2922.5	2934.5	2946.5	2958.5	2970.6	2982.7	2994.8	3006.9
62	3019.1	3031.3	3043.5	3055.7	3068.0	3080.3	3092.6	3104.9
63	3117.3	3129.6	3142.0	3154.5	3166.9	3179.4	3191.9	3204.4
64	3217.0	3229.6	3242.2	3254.8	3267.5	3280.1	3292.8	3305.6
65	3318.3	3331.1	3343.9	3356.7	3369.6	3382.4	3395.3	3408.3
66	3421.2	3434.2	3447.2	3468.2	3473.2	3486.3	3499.4	3512.5
67	3525.7	3538.8	3552.0	3565.2	3578.5	3591.7	3605.0	3618.4
68	3631.7	3645.1	3658.4	3671.9	3685.3	3698.8	3712.2	3725.8
69	3739.3	3752.8	3766.4	3780.0	3793.7	3807.3	3821.0	3834.7
70	3848.5	3862.2	3876.0	3889.8	3903.6	3917.5	3931.4	3945 3
71	3959.2	3973.2	3987.1	4001.1	4015.2	4029.2	4043.3	4057.4
72	4071.5	4085.7	4099.8	4114.0	4128.3	4142.5	4156.8	4171.1
73	4185.4	4199.7	4214.1	4228.5	4242.[illegible]	4257.4	4271.8	4286.3
74	4300.9	4315.4	4330.0	4344.6	4359.2	4373.8	4388.5	4403.2
75	4417.9	4432.6	4447.4	4462.2	4477.0	4491.8	4506.7	4521.6
76	4536.5	4551.4	4566.4	4581.3	4596.4	4611.4	4626.4	4641.5

Diam.	Aires des cercles							
	.0	.$\frac{1}{8}$	.$\frac{1}{4}$	.$\frac{3}{8}$	.$\frac{1}{2}$	.$\frac{5}{8}$	.$\frac{3}{4}$	.$\frac{7}{8}$
77	4656.6	4671.8	4686.9	4702.1	4717.3	4732.5	4747.8	4763 1
78	4778.4	4793.7	4809.1	4824.4	4839.8	4855.3	4870.7	4886.2
79	4901.7	4917.2	4932.8	4948.3	4963.9	4979.5	4995.2	5010.9
80	5026.6	5042.3	5058.0	5073.8	5089.6	5105.4	5121.2	5137.1
81	5153.0	5168.9	5184.9	5200.8	5216.8	5232.8	5248.9	5264.9
82	5281.0	5297.1	5313.3	5329.4	5345.6	5361.8	5378.1	5394.3
83	5410.6	5426.9	5443.3	5459.6	5476.0	5492.4	5508.8	5525.3
84	5541.8	5558.3	5574.8	5591.4	5608.0	5624.6	5641.2	5657.8
85	5674.5	5691.2	5707.9	5724.7	5741.5	5758.3	5775.1	5791.9
86	5808.8	5825.7	5842.6	5859.6	5876.6	5893.6	5910.6	5927.6
87	5944.7	5961.8	5978.9	5996.1	6013.2	6030.4	6047.6	6064.9
88	6082.1	6099.4	6116.7	6134.1	6151 4	6169.8	6186.3	6203.7
89	6221.2	6238.6	6256.2	6273.7	6291 3	6308.8	6326.4	6344.1
90	6361.7	5379.4	6397.1	6414.9	6432.6	6450.4	6468.2	6486.0
91	6503.9	6521.8	6539.7	6557.6	6573.6	6593.5	6611.5	6629.6
92	6647.6	6665.7	6683.8	6701.9	6720.1	6738.3	6756.5	6774.7
93	6792.9	6811.2	6829.5	6847.8	6866.2	6884.5	6902.9	6921.3
94	6939.8	6958.3	6976.8	6995.3	7013.8	7032.4	7051.0	7069.6
95	7088.2	7106.9	7125.6	7144.3	7163.0	7181.8	7200.6	7219.4
96	7238.2	7257.1	7276.0	7294.9	7313.8	7332.8	7351.8	7370.8
97	7389.8	7408.9	7428.0	7447.1	7466.2	7485.4	7504.5	7523.8
98	7543.0	7562.2	7581.5	7600.8	7620.1	7639.5	7658.9	7678.3
99	7697.7	7717.2	7736.6	7756.1	7775.7	7725.2	7814.8	7834.4

Remarque. Le calcul de tous ces nombres est basé sur cette propriété, démontrée en géométrie, que l'aire d'un cercle égale la longueur de la circonférence multiplié par la moitié du rayon ou par le quart du diamètre.

Si l'on désigne le rayon par r, le diamètre par d, la circonférence par c, et l'aire du cercle par C, on a :

$d=2r \quad c=3{,}1416\ d$

$C=c\times\frac{1}{4}d=3{,}1416\ d\times\frac{1}{4}d=\frac{1}{4}\ (3{,}1416)\ d^2=0{,}7854\ d^2$

On peut donc calculer directement, soit les nombres de la table ci-dessus, soit des valeurs répondant à un diamètre quelconque, en faisant le carré de ce diamètre, et multipliant par 0,7854 ; on peut considérer comme exacts les quatre ou cinq premiers chiffres du résultat.

On peut aussi exprimer l'aire du cercle en fonction du rayon : on a : $c=2r\times 3{,}1416$

$C=c\times\frac{1}{2}r=2r\times 3{,}1416\times\frac{1}{2}r=3{,}1416r^2$

Ainsi l'aire d'un cercle égale le carré du rayon multiplié par 3.1416. On peut compter sur les cinq premiers chiffres du résultat.

Diam.	Circonférences pour des diamètres de 8e en 8e							
	.0	.⅛	.¼	.⅜	.½	.⅝	.¾	.⅞
0	.0	.3927	.7854	1.178	1.570	1.963	2.356	2.748
1	3.141	3.534	3.927	4.319	4.712	5.105	5.497	5.890
2	6.283	6.675	7.068	7.461	7.854	8.246	8.639	9.032
3	9.424	9.817	10.21	10.60	10.99	11.38	11.78	12.17
4	12.56	12.95	13.35	13.74	14.13	14.52	14.92	15.31
5	15.70	16.10	16.49	16.88	17.27	17.67	18.06	18,45
6	18.84	19.24	19.63	20.02	20.42	20.81	21.20	21.59
7	21.99	22.38	22.77	23.16	23.56	23.95	24.34	24.74
8	25.13	25.52	25.91	26.31	26,70	27.09	27.48	27.88
9	28.27	28.66	29.05	29.45	29.84	30.23	30.63	31.02
10	31,41	31.80	32.20	32.59	32,98	33.37	33.77	34.16
11	34.55	34.95	35.34	35.73	36.12	36,52	36.91	37.30
12	37.69	38.09	38.48	38.87	39.27	39.66	40.05	40.44
13	40.84	41.23	41.62	42.01	42.41	42.80	43.19	43.58
14	43.98	44.37	44.76	45.16	45.55	45,94	46.33	46.73
15	47.12	47.51	47.90	48.30	48.69	49.08	49.48	49.87
16	50.26	50.65	51.05	51.44	51.83	52.22	52.62	53.01
17	53.40	53.79	54.19	54.58	54,97	55,37	55.76	56.15
18	56.54	56.94	57.33	57.72	58.11	58,51	58.90	59.29
19	59.69	60.08	60.47	60.86	61.26	61,65	62.04	62.43
20	62.83	63.22	63.61	64.01	64.40	64.79	65,18	65.58
21	65.97	66.36	66.75	67.15	67.54	67,93	68,32	68.72
22	69.11	69.50	69.90	70.29	70,68	71,07	71.47	71.86
23	72.25	72.64	73.04	73.43	73.82	74,22	74.61	75.00
24	75.39	75.79	76.18	76.57	76.96	77.36	77.75	78.14
25	78.54	78.93	79.32	79.71	80.10	80,50	80.89	81.28
26	81.68	82.07	82.46	82.85	83.25	83.64	84.03	84.43
27	84.82	85.21	85.60	86.00	86.39	86.78	87.17	87.57
28	87.96	88.35	88.75	89.14	89.53	89.92	90.32	90.71
29	91,10	91.49	91.89	92.28	92.67	93.06	93.46	93.85
30	94.24	94.64	95.03	95.42	95.81	96.21	96.60	96.99
31	97.4	97.8	98.2	98.6	99.0	99.4	99.7	100.1
32	100.5	100.9	101.3	101.7	102.1	102.5	102.9	103.3
33	103.7	104.1	104.5	104.9	105.2	105.6	106.0	106.4
34	106.8	107.2	107.6	108.0	108.4	108.8	109.2	109.6
35	110.0	110.3	110.7	111.1	111.5	111.9	112.3	112.7
36	113.1	113.5	113.9	114.3	114.7	11.51	115.5	115.8
37	116.2	116.6	117.0	117.4	117.8	11.82	118.6	119.0
38	119.4	119.8	120.2	120.6	121.0	12.18	121.7	122.1

Diam.	Circonférences							
	.0	$\frac{1}{8}$	.$\frac{1}{4}$	.$\frac{3}{8}$	.$\frac{1}{2}$	.$\frac{5}{8}$	.$\frac{3}{4}$	.$\frac{7}{8}$
39	122.5	122.9	123.3	123.7	124.1	124.5	124.9	125.3
40	125.7	126.1	126.4	126.8	127.2	127.6	128.0	128.4
41	128.8	129.2	129.6	130.0	130.4	130.8	131.2	131.6
42	131.9	132.3	132.7	133.1	133.5	133.9	134.3	134.7
43	135.1	135.5	135.9	136.3	136.7	137.1	137.4	137.8
44	138.2	138.6	139.0	139.4	139.8	140.2	140.6	141.0
45	141.4	141.8	142.2	142.6	142.9	143.3	143.7	144.1
46	144.5	144.9	145.3	145.7	146.1	146.5	146.9	147.3
47	147.7	148.0	148.4	148.8	149.2	149.6	150.0	150.4
48	150.8	151.2	151.6	152.0	152.4	152.8	153.2	153.5
49	153.9	154.3	154.7	155.1	155.5	155.9	156.3	156.7
50	157.1	157.5	157.9	158.3	158.7	159.0	159 4	159.8
51	160.2	160.6	161.0	161.4	161.8	162.2	162.6	163.0
52	163.4	163.8	164.1	164.5	164.9	165.3	165.7	166.1
53	166.5	166.9	167.3	167.7	168.1	168.5	168.9	169.3
54	169.6	170.0	170.4	170.8	171.2	171.6	172.0	172.4
55	172.8	173.2	173.6	174.0	174.4	174.8	175.1	175.5
56	175.9	176.3	176.7	177.1	177.5	177.9	178.3	178.7
57	179.1	179.5	179.9	180.2	180.6	181.0	181.4	181.8
58	182.2	182.6	183.0	183.4	183.8	184.2	184.6	185.0
59	185.4	185.7	186.1	186.5	186.9	187.3	187.7	188.1
60	188.5	188.9	189.3	189.7	189.1	190.5	190.9	191.2
61	191.6	192.0	192.4	192.8	193.2	193.6	194.0	194.4
62	194.8	195.2	195.6	196.0	196.4	196.7	197.1	197.5
63	197.9	198.3	198.7	199.1	199.5	199.9	200.3	200.7
64	201.1	201.5	201.8	202.2	202.6	203.0	203.4	203.8
65	204.2	204.6	205.0	205.4	205.8	206.2	206.6	207.0
66	207.3	207.7	208.1	208.5	208.9	209.3	209.7	210.1
67	210.5	210.9	211.3	211.7	212.1	212.5	212.8	213.2
68	213.6	214.0	214.4	214.8	215.2	215.6	216.0	216.4
69	216.8	217.2	217.6	217.9	218.3	218.7	219.1	219.5
70	219.9	220.3	220.7	221.1	221.5	221.9	222.3	222.7
71	223.1	223.4	223.8	224.2	224.6	225.0	225.4	225.8
72	226.2	226.6	227.0	227.4	227.8	228.2	228.6	228.9
73	229.3	229.7	230.1	230.5	230.9	231.3	231.7	232.1
74	232.5	232.9	233.3	233.7	234.0	234.4	234.8	235.2
75	235.6	236.0	236.4	236.8	237.2	237.6	238.0	238.4
76	238.8	239.2	239.5	239.9	240.3	240.7	241.1	241.5

Diam.	Circonférences							
	.0	.⅛	.¼	.⅜	.½	.⅝	.¾	.⅞
77	241.9	242.3	242.7	243.1	243.5	243.9	244.3	244.7
78	245.0	245.4	245.8	246.2	246.6	247.0	247.4	247.8
79	248.2	248.6	249.0	249.4	249.8	250.1	250.5	250,9
80	251.3	251.7	252.1	252.5	252.9	253.3	253.7	254.1
81	254.5	254.9	255.3	255.6	256.0	256.4	256.8	257.2
82	257.6	258.0	258.4	258.8	259.2	259.6	260.0	260.4
83	260.8	261.1	261.5	261.9	262,3	262.7	263.1	263.5
84	263.9	264.3	264.7	265.1	265.5	265.9	266.3	266.6
85	267.0	267.4	267.8	268.2	268.6	269,0	269.4	269.8
86	270.2	270.6	271.0	271.4	271.7	272.1	272.5	272.9
87	273.3	273.7	274,1	274.5	274.9	275.3	275.7	276.1
88	276.5	276.9	277.2	277.6	278.0	278.4	278.8	279.2
89	279.6	280.0	280.4	280.8	281.2	281.6	282.0	292.4
90	282.7	583.1	283.5	283.9	284.3	284.7	285.1	295.5
91	285.9	286.3	286.7	287.1	287.5	287.8	288.2	288.6
92	289.0	289.4	289.8	290.2	290.6	291.0	291.4	291.8
93	292.2	292.6	293.0	293.3	293,7	294.1	294.5	294.9
94	295.3	295.7	296.1	296.5	296.9	297.3	297.7	298.1
95	298.5	298,8	299.2	299.6	300.0	300.4	300,8	301.2
96	301.6	302.0	302.4	302.8	303.2	303.6	303.9	304.3
97	304.7	305.1	305.5	305,9	306.3	306.7	307.1	307.5
98	307.9	308.3	308.7	309.1	309,4	309.8	310.2	310.6
99	311.0	311.4	311.8	312.2	312.6	313.0	313.4	313.8

Remarques.—Cette table a un avantage sur la précédente : dans la table des aires des cercles, les valeurs varient proportionnellement aux carrés des diamètres ; dans lr table des circonférences, la variation se fait proportionnellement aux diamètres.

Il suit de là que si l'on a un diamètre qui ait une valeur moyenne entre deux valeurs consécutives des diamètres de la table, on prendra la moyenne des circonférences correspondantes.

Soit par exemple à trouver la longueur de la circonférence qui aurait un diamètre de 78 pouces et $\frac{1}{16}$; c'est le milieu entre 78 pouces 0 et 78 pouces ⅛ ; la circonférence sera la moyenne arithmétique entre 245,0 et 245,4, soit 245 pouces et 2 dixièmes.

Diam.	Circonférences.									
	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0	.00	.31	.62	.94	1.25	1.57	1.88	2.19	2.51	2.82
1	3.14	3.45	3.77	4.08	4.39	4.71	5.02	5.34	5.65	5.96
2	6.28	6.59	6.91	7.22	7.53	7.85	8.16	8.48	8.79	9.11
3	9.42	9.74	10.05	10.36	10.68	10.99	11.30	11.62	11.93	12.25
4	12.56	12.88	13.19	13.50	13.82	14.13	14.45	14.76	15.08	15.39
5	15.70	16.02	16.33	16.65	16.96	17.27	17.59	17.90	18.22	18.53
6	18.84	19.16	19.47	19.79	20.10	20.42	20.73	21.04	21.36	21.67
7	21.99	22.30	22.61	22.93	23.24	23.56	23.87	24.19	24.50	24.81
8	25.13	25.44	25.76	26.07	26.38	26.70	27.01	27.33	27.64	27.96
9	28.27	27.58	28.90	29.21	29.53	29.84	30.15	30.47	30.78	31.10
10	31.41	31.73	31.04	32.35	32.67	32.98	33.30	33.61	33.92	34.24
11	34.55	34.87	35.18	35.50	35.81	36.12	36.44	36.75	37.07	37.38
12	37.69	38.01	38.32	38.64	38.95	39.27	39.58	39.89	40.21	40.52
13	40.84	41.15	41.46	41.78	42.09	42.41	42.72	43.03	43.35	43.66
14	43.98	44.29	44.61	44.92	45.23	45.55	45.86	46.18	46.49	46.80
15	47.12	47.43	47.75	48.06	48.38	48.69	49.00	49.32	49.63	49.95
16	50.26	50.57	50.89	51.20	51.52	51.83	52.15	52.46	52.78	53.09
17	53.40	53.72	54.03	54.35	54.65	54.97	55.29	55.60	55.92	56.23
18	56.54	56.86	57.17	57.49	57.80	58.11	58.43	58.74	59.06	59.37
19	59.69	60.00	60.31	60.63	60.94	61.26	61.57	61.88	62.20	62.51
20	62.83	63.14	63.46	63.77	64.08	64.40	64.71	65.03	65.34	65.65
21	65.97	66.28	66.60	66.91	67.22	67.54	67.85	68.17	68.48	68.80
22	69.11	69.42	69.74	70.05	70.37	70.68	71.00	71.31	71.62	71.94
23	72.25	72.57	72.88	73.19	73.51	73.82	74.14	74.45	74.76	75.08
24	75.39	75.71	76.02	76.34	76.65	76.96	77.28	77.59	77.91	78.22
25	78.54	78.85	79.16	79.48	79.79	80.11	80.42	80.73	81.05	81.36
26	81.68	81.99	82.30	82.62	82.93	83.25	83.56	83.88	84.19	84.50
27	84.82	85.13	85.45	85.76	86.07	86.39	86.70	87.02	87.33	87.65
28	87.96	88.27	88.59	88.90	89.22	89.53	89.84	90.16	90.47	90.79
29	91.10	91.42	91.73	92.04	92.36	92.67	92.99	93.30	93.61	93.93
30	94.24	94.56	94.87	95.19	95.50	95.81	96.13	96.44	96.76	97.07
31	97.38	97.70	98.01	98.33	98.64	98.96	99.27	99.58	99.90	100.2
32	100.5	100.8	101.1	101.4	101.7	102.1	102.4	102.7	103.0	103.3
33	103.6	103.9	104.3	104.6	104.9	105.2	105.5	105.8	106.1	106.5
34	106.8	107.1	107.4	107.7	108.0	108.3	108.6	109.0	109.3	109.6
35	109.9	110.2	110.5	110.8	111.2	111.5	111.8	112.1	112.4	119.7
36	113.0	113.4	113.7	114.0	114.3	114.6	114.9	115.2	115.6	115.9
37	116.2	116.5	116.8	117.1	117.4	117.8	118.1	118.4	118.7	119.0
38	119.3	119.6	120.0	120.3	120.6	120.9	121.2	121.5	121.8	122.2

Diam.	Circonférences.									
	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
39	122.5	122.8	123.1	123.4	123.7	124.0	124.4	124.7	125.0	125.3
40	125.6	125.9	126.2	126.6	126.9	127.2	127.5	127.8	128.1	128.4
41	128.8	129.1	129.4	129.7	133.0	130.3	130.6	131.0	131.3	131.6
42	131.9	132.2	132.5	132.8	133.2	133.5	133.8	134.1	134.4	124.7
43	135.0	135.4	135.7	136.0	136.3	136.6	136.9	137.2	137.6	137.9
44	138.2	138.5	138.8	139.1	139.4	139.8	140.1	140.4	140.7	141.0
45	141.3	141.6	142.0	142.3	142.6	142.9	143.2	143.5	143.9	144.2
46	144.5	144.8	145.1	145.4	145.7	146.0	146.3	146.7	147.0	147.3
47	147.6	147.9	148.2	148.5	148.9	149.2	149.5	149.8	150.1	150.4
48	150.7	151.1	151.4	151.7	152.0	152.3	152.6	152.9	153.3	153.6
49	153.9	154.2	154.5	154.8	155.1	155.5	155.8	156.1	156.4	156.7
50	157.0	157.3	157.7	158.0	158.3	158.6	158.9	159.2	159.5	159.9
51	160.2	160.5	160.8	161.1	161.4	161.7	162.1	162.4	162.7	163.0
52	163.3	163.6	163.9	164.3	164.6	164.9	165.2	165.5	165.8	166.1
53	166.5	166.8	167.1	167.4	167.7	168.0	168.3	168.7	169.0	169.3
54	169.6	169.9	170.2	170.5	170.9	171.2	171.5	171.8	172.1	172.4
55	172.7	173.1	173.4	173.7	174.0	174.3	174.6	174.9	175.3	175.6
56	175.9	176.2	176.5	176.8	177.1	177.5	177.8	178.1	178.4	178.7
57	179.0	179.3	179.7	180.0	180.3	180.6	180.9	181.2	181.5	181.9
58	182.2	182.5	182.8	183.1	183.4	183.7	184.0	184.4	184.7	185.0
59	185.3	185.6	185.9	186.2	186.6	186.9	187.2	187.5	187.8	188.1
60	188.4	188.8	189.1	189.4	189.7	190.0	190.3	190.6	191.0	191.3
61	191.6	191.9	192.2	192.5	192.8	193.2	193.5	193.8	194.1	194.4
62	194.7	195.0	195.4	195.7	196.0	196.3	196.6	196.9	197.2	197.6
63	197.9	198.2	198.5	198.8	199.1	199.4	199.8	200.1	200.4	200.7
64	201.0	201.3	201.6	202.0	202.3	202.6	202.9	203.2	203.5	203.8
65	204.2	204.5	204.8	205.1	205.4	205.7	206.0	206.4	206.7	207.0
66	207.3	207.6	207.9	208.2	208.6	208.9	209.2	209.5	209.8	210.1
67	210.4	210.8	211.1	211.4	211.7	212.0	212.3	212.6	213.0	213.3
68	213.6	213.9	214.2	214.5	214.8	215.1	215.5	215.8	219.1	216.4
69	216.7	217.0	217.3	217.7	218.0	218.3	218.6	218.9	219.2	219.5
70	219.9	220.2	220.5	220.8	221.1	221.4	221.7	222.1	222.4	222.7
71	223.0	223.3	223.6	223.9	224.3	224.6	224.9	225.2	225.5	225.8
72	226.1	226.5	226.8	227.1	227.4	227.7	228.0	228.3	228.7	229.0
73	229.3	229.6	229.9	230.2	230.5	230.9	231.2	231.5	231.8	232.1
74	232.4	232.7	233.1	233.4	233.7	234.0	234.3	234.6	234.9	235.3
75	235.6	235.9	236.2	236.5	206.8	237.1	237.5	217.8	238.1	238.4
76	238.7	239.0	239.3	239.7	240.0	240.3	240.6	240.9	241.2	241.5

Diam.	Circonférences.									
	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
77	241.9	242.2	242.5	242.8	243.1	243.4	243.7	244.1	244.4	244.7
78	245.0	245.3	245.6	245.9	246.3	246.6	246.9	247.2	247.5	247.8
79	248.1	248.5	248.8	249.1	249.4	249.7	250.0	250.3	250.6	251.0
80	251.3	251.6	251.9	252.2	252.5	252.8	253.2	253.5	253.8	254.1
81	254.4	254.7	255.0	255.4	255.7	256.0	256.3	256.6	256.9	257.2
82	257.6	257.9	258.2	258.5	258.8	259.1	259.4	259.8	260.1	260.4
83	260.7	261.0	261.3	261.6	262.0	262.3	262.6	262.9	263.2	263.5
84	263.8	264.2	264.5	264.8	265.1	265.4	265.7	266.0	266.4	266.7
85	267.0	267.3	267.6	267.9	268.2	268.6	268.9	269.2	269.5	269.8
86	270.1	270.4	270.8	271.1	271.4	271.7	273.0	272.3	272.6	273.0
87	273.3	273.6	273.9	274.2	274.5	274.8	275.2	275.5	275.8	276.1
88	276.4	276.7	277.0	277.4	277.7	278.0	278.3	278.6	278.9	279.2
89	279.6	279.9	280.2	280.5	280.8	281.1	281.4	281.8	282.1	282.4
90	282.7	283.0	283.3	283.6	284.0	284.3	284.6	284.9	285.2	285.5
91	285.8	286.1	286.5	286.8	287.1	287.4	287.7	288.0	288.3	288.7
92	289.0	289.3	289.6	289.9	290.2	290.5	290.9	291.2	291.5	291.8
93	292.1	292.4	292.7	293.1	293.4	293.7	294.0	294.3	294.6	294.9
94	295.3	295.6	295.9	296.2	296.5	296.8	297.1	297.5	297.8	298.1
95	298.4	298.7	299.0	299.3	299.7	300.0	300.3	300.6	300.9	301.2
96	301.5	301.9	302.2	302.5	302.8	303.1	303.4	303.7	304.1	304.4
97	304.7	305.0	305.3	305.6	305.9	306.3	306.6	306.9	307.2	307.5
98	307.8	308.1	308.5	308.8	309.1	309.4	309.7	310.0	310.3	310.7
99	311.0	311.3	311.6	311.9	312.2	312.5	312.9	313.2	213.5	313.8
100	314.1	314.4	314.7	315.1	315.4	315.7	316.0	316.3	316.6	316.9

Quantité de charbon requise

Etant données la quantité de charbon consommée par jour, et la vitesse du vaisseau, pour trouver la quantité requise pour un voyage d'une longueur donnée :

RÈGLE.—Multipliez par 24 la vitesse en nœuds par heure ; le produit sera le nombre de nœuds courus par jour ;

Ensuite faites la proportion suivante :

Le nombre de nœuds courus dans un jour : au nombre de nœuds du voyage :: la consommation d'un jour : la consommation pour le voyage entier.

Ex. 1,—Si la consommation du combustible à 36 tonneaux par jour produit une vitesse de 10 nœuds à l'heure, quelle sera la consommation pour un voyage de 96 nœuds ?

Vitesse par jour $10 \times 24 = 240$ nœuds.

$240 : 960 :: 36 : x = 144$ tonnes

```
       36
      ----
     5760
    2880
    ------
24.0)3456,0(144
    24
    --
    105
     96
    ---
      96
      96
      --
```

On peut diviser par un même nombre les deux premiers termes de la proportion, pour réduire le premier rapport à sa plus simple expression :

nds		nds		ton.	
24,0	:	96.0	::	36	: x
2		8		4	
1		4			
				144 tonnes	

Ex. 2.—Si la consommation de 20 tonnes de combustible produit une vitesse de 12 nœuds à l'heure, quelle sera la consommation pour un voyage de 1200 nœuds ?

Vitesse par jour $12 \times 24 = 288$ nœuds.

```
288 : 1200 :: 20 : x        4)288        4)1200
                            -----        ------
                            6)72         6)300
                            ----         -----
                              12            50
12 : 50 : 20 : x
      20
     ----
12)1000                      ,672
   -------                    28
    83,3334                  ----
         20                  5376
    -------                 1344
     6,6680                 -----
          4                 18,816  83 - 6 - 2 - 18 lbs
     ------
      2,672
```

Exercices

N.	Consom. par jour	Vitesse	Voyage	N.	Consom. par jour	Vitesse	Voyage
	Tonnes	nœuds	nœuds		Tonnes	nœuds	nœuds
1	32	12	960	3	3	15	1800
2	36	16	1380	4	24.6	12.5	4560

Roues à aubes

Pour trouver le nombre de révolutions que doit faire une roue pour une vitesse donnée en nœuds par heure :

Règle.—Multipliez 6080 (nombre de pieds d'un nœud) par le nombre de nœuds à l'heure ; le résultat, divisé par la circonférence de la roue, sera le nombre de révolutions.

Ex. 1.—Combien de révolutions doit faire une roue de 30 pieds de diamètre, pour une vitesse de $10\frac{1}{2}$ nœuds à l'heure ?

circonférence de la roue $30 \times 3.1416 = 94.248$ pieds

$10\frac{1}{2}$ ou $10,5 \times 6080 \div 94.248$.... Réponse.

```
  6080          94.248)63840000(677.35
  10,5                 565488
  -----                ------
 30400                  729120
60800                   659736
-----                   ------
63840  pieds             693840
                         659736
                         ------
Réponse 677.35 révolutions 341040
                           282744
                           ------
                            582960
                            471240
                            ------
```

Ex. 2.—Combien de révolutions doit faire une roue de 18 pieds de diamètre, pour une vitesse de 27 nœuds à l'heure ?

Circonférence de la roue $18 \times 3.1416 = 56.5488$ pieds

$17 \times 6080 = 103360 \ldots. \div 56.5488$.... Réponse

```
  6080        56,5488)1033600000(1828
    17                565488
  ----                -------
 42560                4681120
 6080                 4523904
 ----                 -------
103360 pieds          1572160
                      1130976
                      -------
                      4411840
Réponse 1828 révolutions 4523904
                      -------
```

Hélices (screws)

Le pas d'une hélice, ou pas d'une vis, est la distance entre deux filets consécutifs, ou la distance que parcourt une vis dans la direction de son axe pendant une révolution.

Pour trouver le nombre de révolutions que doit faire une hélice, pour une vitesse donnée en nœuds par heure :

RÈGLE.—Multipliez 6080 (nombre de pieds dans un nœud) par le nombre de nœuds à l'heure, divisez le produit par le pas de l'hélice, le quotient sera le nombre de révolutions.

Ex. 1—Combien de révolutions doit faire une hélice d'un pas de 18 pieds, pour une vitesse de 12 nœuds à l'heure ?

$$6080 \times 12 \div 18 = 4053\tfrac{1}{3} \text{ révolutions}$$

```
        6080
          12
     -------
   ( 3)72960
18 {  -------
   ( 6)24320
      -------
      4053 2/6 ou 1/3 révolutions
```

Ex. 2.—Combien de révolutions doit faire une hélice d'un pas de 11 pieds 6 pouces, pour une vitesse de 9.5 nœuds à l'heure ?

$$6080 \times 9.5 \div 11,5 = 5022,6$$

```
          6080
            95
         -----
         30400
        54720
       -------
11,5)57760,0(5022,6 révolutions
      575
      ----
        260
        230
        ---
         300
         230
         ---
          700
          690
          ---
```

RECUL

... recul (ou *slip*) est la différence entre la distance parcourue ... vaisseau et la longueur de la circonférence de la roue ou du pas ... l'hélice ; si cette différence est divisée par la vitesse de l'hé-

lice en nœuds, le quotient sera une fraction de la vitesse perdue ; si cette fraction de perte est multipliée par 100, le produit sera égal au taux pour cent de perte.

RÈGLE. 1.—Multipliez le pas de l'hélice par le nombre de révolutions par minute ; ce produit multiplié par 60 et divisé par 6080, sera la vitesse en nœuds à l'heure.

2. Soustrayez de 100 la quantité de recul, et faites la proportion que nous indiquons plus bas.

Ex. 1.—Une hélice a un pas de 16 pieds, et fait 65 révolutions par minute ; quelle sera la vitesse du vaisseau, en allouant 20 pour 100 de recul ?

$$100 - 20 = 80. \quad \text{Vitesse de l'hélice } \frac{16 \times 65 \times 60}{6080}$$

```
   16          608,0)6240.0(10,26 progression de l'hélice
   65                608
   --               ----
   80                1600
   96                1216
  ----               ----
 1040                3840
   60                3648
 -----               ----
62400
```

100 : 80 :: 10,26 : x....vitesse du vaisseau

```
          80
        ------
        8,2080
```

Pour diviser par 100, on avance le point de décimale de 2 rangs à gauche.

Ex. 2.—Une hélice d'un pas de 11 pieds 6 pouces fait 104 révolutions par minute ; quelle sera la vitesse du vaisseau en nœuds par heure, s'il y a 19,2 pour cent de recul ?

$100 - 19{,}2 = 80{,}8 \qquad 11.5 \times 104 \times 60 = 71760$ pieds

$71760 \div 6080 = 11{,}8$ progression de l'hélice

100 : 80,8 :: 11,8 : la vitesse du vaisseau

$80{,}8 \times 11{,}8 \div 100 = 9{,}53$ nœuds

La règle est absolument la même pour les roues à aubes, soit fixes soit mobiles.

Pour trouver le taux pour cent de recul lorsque la vitesse du vaisseau, avec la circonférence des roues, ou la progression de l'hélice, sont connues :

RÈGLE.—De la distance en nœuds parcourue par la circonférence de la roue, soustrayez la distance parcourue par le vaisseau, et faites la proportion comme suit :

La distance parcourue par la circonférence de la roue : la différence :: 100 : est au percentage ou taux pour cent de recul.

Ex. 1.—La distance parcourue par la circonférence d'une roue étant de 15,67 nœuds par heure, et la distance parcourue par le vaisseau égale à 12 nœuds dans le même temps, quel est le percentage de recul ?

15,67 - 12 = 3,67 . . . . différence

Vitesse de roue   différence

15,67 : 3,67 :: 100 : au percentage de recul

3,67 × 100 = 367, et 367 ÷ 15,67 = 23,4 recul.

```
15,67)36700(23,4 percentage de recul
       3134
       ----
        5360
        4701
        ----
         6590
         6268
         ----
```

Ex. 2.—La distance parcourue par la circonférence d'une roue étant égale à 13,5 nœuds par heure, et celle du vaisseau égale à 11,07 dans le même temps, quel est le percentage de recul ?

13,5 - 11,07 = 2,43

13,5 : 2,43 :: 100 : x = 18 pour cent

2,43 × 100 = 243   243 ÷ 13,5 = 18

Ex. 3.—Une hélice d'un pas de 25,13 pieds faisant 50 révolutions par minute, et la vitesse du vaisseau étant 11 nœuds à l'heure, quel est le percentage de recul ?

25,13 × 50 × 60 ÷ 6080 = 12,4 nœuds

12,4 - 11 = 1,4 différence. 12,4 : 1,4 :: 100 : recul

1,4 × 100 = 140   140 ÷ 12,4 = 11,3 . . . . percentage de recul

```
12.4)1400(11,3
     124
     ---
      160
      124
      ---
       360
       372
       ---
```

Pas de l'hélice

Le *pas* d'une hélice est la distance parcourue dans la direction de l'axe dans une révolution ; mais comme toutes les hélices sont très courtes en proportion de leur diametre, et, qu'elles sont souvent à deux, trois et quatre filets, il faut, pour en mesurer le pas, opérer sur des fractions.

FIG. 57

A

axe

B C

Ainsi, supposons que AB répresente une pelle de l'hélice, ce qui est une fraction du filet ; AC est égal à une fraction de la circonférence ; BC est égal à une fraction du pas.

On peut trouver, par une mesuredi - recte le pas d'une hélice.

Manière de mesurer.—Placez une règle droite sur la partie de l'avant de l'hélice, comme AC, à angle droit avec l'axe ; placez, dans la direction de BC, une autre regle droite, à angle droit avec AC, et prenez les mesures de AB et de BC. Le diamètre étant connu, les mesures prises sont suffisantes.

Règle.—Multipliez le diamètre par 3,1416, le produit sera la circonférence de l'hélice.

Nota.—[illegible]re représenté par ABC est un triangle rectangle, dont [illegible]e AB, représente l'hypoténuse ; lorsque l'hypoténuse et l[illegible] côtés sont connus, la longueur de l'autre côté s'obtient en soustrayant le carré du côté connu du carré de l'hypoténuse, et en prenant la racine carrée du résultat. La longueur AC ainsi obtenue est une partie de la circonférence ; alors dites : la partie de la circonférence : la circonférence entière :: la partie du pas : au pas entier.

AC : est à la circonférence : : BC : au pas

Ex.—Quel est le pas d'une hélice dont la pelle AB a une largeur de 38,82 pouces, la distance BC suivant l'axe étant de 19 pouces, et le diamètre de 9 pieds ?

$$108 \times 3,1416 = 316,9 \text{ pouces}$$

$$38,82^2 - 19^2 = 1156$$

$$\sqrt{1156} = 34 \text{....longueur de AC.}$$

$$34 : 316.9 :: 19 : x \text{....pas}$$

partie de circonf.		circonf. entière		partie du pas		pas
34	:	316,9	::	19	:	x....14,75

$(316.9 \times 19) \div 34 = \text{pas}$

```
  316,9
     19
 ------
  28521
  3169
 ------
34)6021.1(177+12=14.75
```

34)6021.1(177 + 12 = 14.75
34
———
262
238
———
241
238
———

Ex. 2.—Quel est le pas d'une hélice dont la pelle a une largeur de 60 pouces, la distance suivant l'axe étant de 24 pouces, et le diamètre de 10 pieds 3 pouces?

60 pcs = 5 pieds, 24 pcs = 2 pieds

$5^2 - 2^2 = 21$ $\sqrt{21} = 4,582$ pieds

partie de circonf.		circonf. entière		partie du pas
4.582	:	32.987	::	2 : x.... pas
		2		

4.582)65.974(14.4 pieds.... pas
4582
———
20154
18328
———
18260
18328
———

Dépense annuelle

Occasionnée par l'usure du matériel

Cette question est une application de ce qu'on nomme "règle de trois composée."

La *règle de trois composée* enseigne à trouver le quatrième terme d'une proportion dans laquelle il y a plus de deux rapports.

Règle.—Placez les quantités de même espèce les unes sous les autres, en deux lignes, comme dans la règle de trois simple, prenez deux termes connus de la même espèce; si d'après la question on cherche plus, placez le plus petit nombre le premier, comme dans la règle de trois simple; prenez ensuite deux autres termes de même espèce, et placez-les dans le même ordre au-dessous des deux premiers; multipliez les deux premiers termes l'un par l'autre, et ainsi des seconds termes; ensuite établissez la proportion.

Ex. 1—Les réparations faites à une machine par 6 hommes pendant 5 semaines, ont coûté, en salaires, 322 piastres et 20 cents; des réparations plus considérables occuperont 10 hommes pendant 12 semaines; combien faudra-t-il pour payer ces hommes au même taux que les premiers?

hommes
6 : 10 :: 302,20 : x....1208,80
semaines
5 : 12   1 : 4 :: 302,20 : x
4
3.0 : 12.0
Rép. $1208,80
1 : 4

Ex.—Les réparations faites à une machine par 10 hommes pendant 5 jours, ont coûté $78.10 centins de salaires ; des réparations plus considérables occuperont 24 hommes pendant 3 semaines ; combien faudra-t-il pour les payer au même taux que les premiers ?

10 : 24 :: 7810 : x 3 semaines = 18 jours
5 : 18
2)50 : 192
25 24
2)432
216

25 : 216 :: 78,10 : x
216
46860
7810
15620
25)16869,60(674,784
150
186
175
119
100
196
175
210
200
100
100

Donc il faudra $674,78½ pour payer ces réparations

Dépréciation et usure des machines par année.

Objets.	Dépréciation	Usure	Total
Machines à vapeur	3 p. cent	3 p. cent	6 p. cent
Chaudières	7 "	3 "	10 "
Machinerie d'atelier	5 "	3 "	8 "
Moulins, engrenages	3 "	$2\frac{1}{2}$ "	$5\frac{1}{2}$ "
Courroies	"	45 "	45 "

Force de cheval

Force Nominale.

Une *force de cheval* est estimée par les mécaniciens, à 33 000 livres élevées à un pied de hauteur par minute ; ou 150 livres à 220 pieds par minute : ou l'effet d'un poids de 200 livres élevé à $2\frac{1}{2}$ milles à l'heure ; on suppose que c'est ce que pourrait faire un cheval par minute, pendant 8 heures par jour.

Force nominale et force effective.

La *Force nominale* d'une machine est la force commerciale, ou celle par laquelle les machines sont engagées, achetées, vendues. La *force effective* d'une machine est celle qui est positivement déployée par la machine.

Pour trouver la force nominale.

RÈGLE. 1.—Le carré du diamètre du cylindre multiplié par .7854, puis par la pression de 7 (1) livres au pouce carré, puis encore par la vitesse du piston en pieds par minute, et divisé par 33 000, est égal au nombre de chevaux.

Ex.—1, Quelle est, en chevaux, la force d'une machine dont le cylindre a 60 pouces de diamètre, la longueur de la course étant de 4 pieds 3 pouces, s'il y a 23 révolutions par minute, et si la machine fonctionne sous une pression de 8 livres au pouce carré ?

$$\text{Nombre de chevaux} \ldots \frac{60^2 \times .7854 \times 8 \times 8{,}5 \times 23}{33000}$$

(1) *Nota.* 7 livres au pouces carré, telle est la pression normale adoptée par l'Amirauté anglaise.

```
      60                    192265,92
      60                           23 révolutions
    ----                    ---------
    3600                     57679776
   .7854                    38453184
 -------                    ---------
 4712400            3,000)4422.116.16
 2356.2                    ----------
 -------                11)1474,0
 2827,44                   ------
       8 pressio            134 chevaux
 -------
22619,52
     8,5           2 fois la course
--------
 11309760
18095616
---------
192265,92
```

Au lieu de multiplier par .7854 pour diviser ensuite par 33.000, on peut multiplier par le nombre 0.000 023 8,qui est le quotient de 0,7854 par 33 000.

```
Ex. —60 × 60 = 3600
                  8
              -----
              28800              5630400
              8,5   course      ,0000238
             ------             --------
             144000               450432
            2304                 168912
            -------             112608
            244800              ---------
                23              134,00352 forces de chevaux.
            ------
             7344
            4896
            -------
            5630400
```

Ex. 2.—Quelle est, en chevaux, la force d'une machine, le diamètre du cylindre étant de 5 pieds 1½ pouce, la longueur de la course 3 pieds 6 pouces, avec 59 révolutions par minute, et une pression de 21 livres ?

5 pieds 1½ pouces = 61,5 pouces
2 fois 3 pieds 6 pouces = 7 pieds
2 fois la course 7 × 59 = 413 pieds

$61.5^2 \times 21 \times 413 \times 0{,}0000238$....forces de chevaux.

61.5	79427.25
61.5	413
3075	23828175
615	7942725
3690	31770900
3782,25	32803454,25
21	,0000238
378225	26242763400
756450	9841036275
	6560690850
79427.25	780,72221115 chevaux

Règle. 2.—Le carré du diamètre, multiplié par 0,7854, puis par la pression, puis par la vitesse en pieds par seconde, et divisé ensuite par 550, exprime la puissance en chevaux.

$$\frac{D \times 0.7854PV}{550} = \text{Forces de chevaux.}$$

Ex.—Quelle est, en chevaux, la force d'une machine, le diamètre du cylindre étant de 5 pieds 2 pouces, la longueur de la course 4 pieds 6 pouces, avec 26 révolutions, et une pression de 15 livres ?

5 pds 2 pcs = 62 pcs

2 fois 4 pieds 6 pouces = 9 pieds

$$62^2 \times .7854 \times 15 \times \left(\frac{9 \times 26}{60}\right) \div 550 = \text{Forces de chevaux}$$

62 × 62 × .7854 = 3019.1	26 révolutions
15 pression	9
150955	6,0)23,4
30191	
45286,5	3,9 pds par seconde
3,9	
4075785	
1358595	

5,50 { (5)176617,35 ; 11)3532,3,47 ; 321,122 Forces de chevaux.

Pour trouver la force nominale à 7 livres de pression :

Règle. 3.—Multipliez le carré du diamètre du cylindre par la vitesse en pieds par seconde, et divisez le produit par 100, le quotient est le nombre nominal de forces de chevaux.

Ex.—Prenons les dimensions de la règle précédente.

$$62 \times 62 = 3844$$

Vitesse en pieds par seconde 3,9

$3844 \times 3,9 \div 100 = 14,9$ *forces* de chevaux.

```
      3844
       3,9
     -----
     34596
    11532
    ------
(1) 149.91,6 forces
      2.143 quotient
    -------
    449748
   599664
  149916
 299832
 ---------
 321,269988
```

Dans la règle précédente, la réponse est 321 et une fraction : maintenant en divisant la pression donnée 15 par 7, et multipliant 149 et sa fraction par le quotient, le produit sera égal à la première réponse.

```
7)15
 -----
 2.143 quotient
```

Force effective

Pour trouver la force effective, il faut multiplier l'aire du cylindre en pouces par la moyenne des pressions, et opérer comme dans les règles précédentes, en allouant $\frac{3}{10}$ pour les pertes par les frottements des pièces et pour la condensation ; alors les $\frac{7}{10}$ seulement sont pris pour effectifs.

Dans les machines à condenseur, il faut ajouter à la moyenne de la pression de la vapeur, la pression due au vide ou *vacuum*, ensuite opérer comme dans les règles précédentes.

Ex.—Quelle est, en chevaux-vapeur, la force effective d'une machine, le diamètre du cylindre étant de 40 pouces, la course du piston étant de 10 pieds, le nombre des révolutions 18, la moyenne de la pression 16 livres, et la pression indiquée au baromètre 28 ?

$28 \div 2 = 14$ livres

Pression moyenne $16 + 14 = 30$ livres

Vitesse de piston $18 \times 10 \times 2 = 360$ pieds par minute

(1) Pour diviser par 100 on avance le point décimal de 2 chiffres à gauche.

360 ÷ 60 = 6 pds....vitesse en pieds par seconde
1256.6 × 30 × 6 ÷ 550 × .7

```
      1256.6
          30
    --------
     37698,0
           6
    --------
   5)22618,8
    --------
  11) 4523.76
    --------
      411.25
          .7
    --------
     287.875....force effective
```

Machines à haute pression

Le calcul relatif à ces machines est basé sur l'hypothèse d'une pression uniforme de 50 livres au pouce carré, avec une vitesse de 250 pieds par minute, la vapeur étant interceptée à la moitié de la course ; on déduit un sixième pour les frottements et les autres pertes, dues à la condensation inévitable de la vapeur dans son trajet, à l'expansion, etc, etc.

Règle.—Le carré du diamètre du cylindre multiplié par la vitesse, et le résultat divisé par 1000, donne le nombre de chevaux-vapeur.

$$\frac{d^2V}{1000} = \text{Forces de chevaux}$$

La force nominale des machines à vapeur varie suivant les pays, et les constructeurs de machine. Il n'y a pas de règle fondamentale, ni de formule universellement adoptée. Conséquemment une machine d'une certaine puissance dans un pays sera estimée à plus ou moins dans un autre pays.

Force nominale, système anglais 33 000 livres.
" " " français 32 549 "

1 force nominale du système anglais égale 1.0139 du système français.

1 force nominale, système français = .98757 du système anglais.

Machines à deux cylindres ou machines à haute et à basse pression

Force nominale

Lorsque la course du piston est dans les limites des proportions ordinaires, élevez au carré le diamètre de chaque cylindre, et divisez la somme des carrés par 32 ; le quotient est la réponse.(1)

(1) *Nota*—Vu l'absence d'un système universellement adopté pour ce calcul, certains mécaniciens divisent par 30 d'autres même par 28.

Ex.—Quelle est la force nominale d'une machine à deux cylindres, les diamètres étant de 36 pouces et 73 pouces ?

$$\frac{D^2+d^2}{32} = \text{Rép. } 207.03 \text{ F. N. C.}$$

Force effective

La force effective est la somme des travaux des deux cylindres, pris séparément.

Saturation

La nécessité de changer souvent l'eau de la chaudière sur les navires, provient de la quantité de matières étrangères contenue dans l'eau de mer, et laissée par l'évaporation de l'eau ; car il n'y a que l'eau pure qui passe en vapeur, et l'accumulation des matières étrangères abandonnées deviendrait une cause de danger pour les parties chauffées de la chaudière ; ces matières se déposent en une croûte très dure, et c'est aussi un très mauvais conducteur de la chaleur ; conséquemment les parties chauffées de la chaudière étant couvertes par cette croûte, l'eau ne peut venir en contact avec le fer pour en recevoir la chaleur ; et le fer ne pouvant plus transmettre sa chaleur à l'eau, devient rouge, s'oxyde, perd sa force de résistance à la pression, et une explosion peut se produire.

La quantité d'eau saturée des matières à éjecter de la chaudière, est en proportion directe de l'alimentation qui amène ces matières.

L'eau de mer contient en moyenne $\frac{1}{33}$ de ces matières ; un pied cube d'eau de mer pèse 64,3 livres ; 64,3 : 33=1,95 ; 1,95+62,425, poids d'un pied cube d'eau douce, donne 64,375 livres pour un pied cube d'eau de mer.

Si B répresente la quantité d'eau éjectée dans un temps donné, et b la quantité d'eau changée en vapeur dans le même temps, la somme $B+b$ sera égale à la quantité d'eau introduite par l'alimentation dans le même temps ; et $(B+b)\div 33$ sera égal à la quantité d'eau éjectée (à ce dégré de saturation) dans ce même temps :

$$\text{Ainsi : } \frac{B+b}{33}=\frac{3B}{33} \text{ d'où } B+b=3B,\ b=2B, \text{ et } \frac{b}{2}=B$$

Evidemment, le degré de saturation étant $\frac{2}{33}$, la quantitée éjectée serait égale à la moitié de la quantité évaporée.

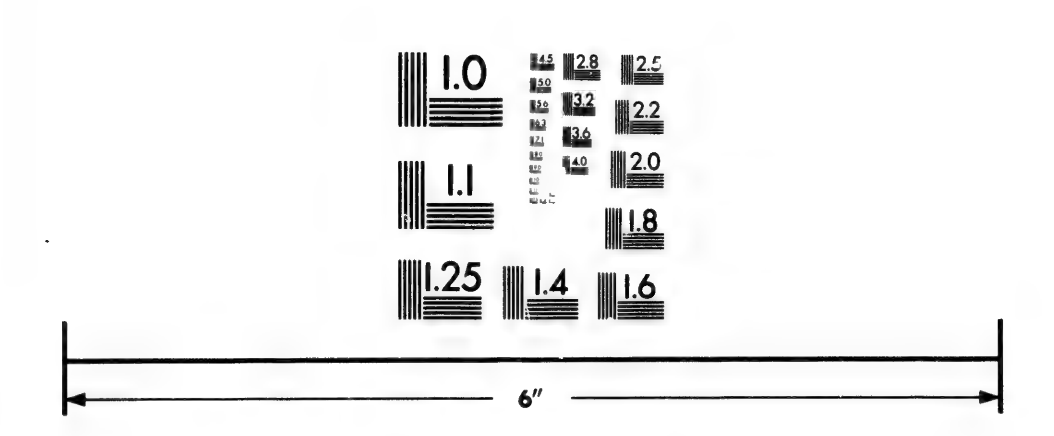
La différence entre les numérateurs des fractions données, est le dénominateur d'une fraction qui a toujours 1 pour numérateur ; et cette fraction exprime la quantité d'eau éjectée en proportion de la quantité évaporée.

Ex. 1.—L'eau de mer contient $\frac{1}{33}$ de matière solide, et le degré de saturation désiré étant $\frac{4}{33}$, quelle est la quantité d'eau à éjecter en proportion de l'eau évaporée ?

L'eau éjectée : l'eau évaporée :: 1 :3

L'eau éjectée doit donc être le tiers de l'eau évaporée.

IMAGE EVALUATION TEST TARGET (MT-3)





Ex. 2.—L'eau de mer contient $\frac{1}{33}$ de matière solide, et le degré de saturation désiré étant de $\frac{5}{33}$, quelle est la quantité d'eau à éjecter en proportion de l'eau évaporée ?

L'eau éjectée : l'eau évaporée :: 1 : 4

L'eau éjectée doit être le quart de l'eau évaporée.

Ex. 3.—L'eau de mer contient $\frac{1}{33}$ de matière solide, et le degré de saturation désiré étant de $3{,}5 \div 33$, quelle est la quantité d'eau à éjecter en proportion de l'eau évaporée ?

L'eau éjectée : l'eau évaporée : : 1 : 2,5 ou : : 2 : 5.

L'eau éjectée doit être les $\frac{2}{5}$ de l'eau évaporée.

L'eau de mer contient entre $\frac{1}{33}$ et $\frac{1}{32}$ de matière solide. Pour faciliter les opérations, nous prendrons les onces par gallon ; un gallon d'eau pesant 10 livres ou 160 onces, ce poids divisé par 32 donne 5 onces par gallon.

Considérons une chaudière dont l'eau soit au point de saturation voulu ; il faut que la quantité de matière solide entraînée par l'alimentation dans un temps donné, soit éjectée dans le même temps pour entretenir la saturation au même point.

Ainsi, le nombre de gallons de l'alimentation multiplié par le taux de sel par gallon, sera toujours égal au nombre de gallons éjectés, multiplié par le taux de saturation par gallon.

La saturation de l'eau éjectée est la même que celle de la chaudière.

Ex. 1.—Supposons une alimentation de 20 gallons par minute, l'eau étant salée de 4.6 onces par gallon ; combien de gallons faut-il éjecter dans le même temps pour maintenir l'eau à 12 onces par gallon ?

20 gallons × 4.6 onces $= x$ gallons × 12 onces

$$20 \times 4.6 \div 12 = 7\tfrac{2}{3} \text{ gallons}$$

Ainsi il faut éjecter 7 gallons $\frac{2}{3}$ par minute.

Ex. 2.—Lorsque l'échange est continuel, que l'alimentation est à 2.5 onces de sel par gallon, et que la saturation de l'eau de la chaudière est de 15 onces de sel par gallon, 250 gallons sont éjectés, quelle est la quantité de l'alimentation dans le même temps ?

$x \times 2.5 = 250 \times 15$

$$\frac{250 \times 15}{2.5} = 1500 \text{ gallons}$$

Ex. 3.—Si l'eau éjectée est les $\frac{5}{8}$ de l'alimentation, et si l'eau de la chaudière est à 6 onces de sel par gallon, quelle doit être la saturation de l'alimentation ?

8 représente l'alimentation et 5 l'eau éjectée.

Ainsi 8 gallons × x onces = 5 gallons × 6 onces.

$x = 5 \times 6 \div 8 = 3\tfrac{3}{4}$ onces par gallon.

Ex. 4.—Soit la quantité éjectée égale aux ⅗ de l'alimentation, est l'alimentation 0,5 once par gallon ; quelle sera la saturation de l'eau de la chaudière ?

5 gallons × 0,5 once = 2 gallons × x onces
5 × 0,5 ÷ 2 = 1¼ once par gallon

Ex. 5.—L'alimentation prise d'un condenseur à surface est de 0,03 once par gallon ; la saturation dans la chaudière à 0,06 once par gallon ; quel est le percentage ou taux pour cent de l'alimentation à éjecter, après que l'eau de la chaudière est au degré voulu ?

Supposons l'alimentation égale à 100.
100 gallons × 0,03 = x gallons × 0,06 onces
100 × 0,03 ÷ 0,06 = 5 pour cent

Ex. 6.—L'alimentation est à 4,6 onces de sel par gallon, l'eau de la chaudière à 12 onces par gallon ; quel est le percentage de l'alimentation à éjecter ?

100 gallons × 4,6 onces = x gallons × 12 onces
100 × 4.6 ÷ 12 = 38⅓ pour cent

Si l'eau de mer contient 5 onces de sel par gallon. et si l'eau de condensation dans le réservoir est à 0,125 once de sel par gallon, quel est le rapport de la fuite des tubes du condenseur par livres de vapeur ?

Supposons la fuite égale à 1 gallon d'eau salée. Alors il y aura 5 onces de sel dans le réservoir à eau chaude ; ces 5 onces doivent se mêler à l'eau douce jusqu'à ce que la saturation soit égale à 0,125 once par gallon.

Ainsi 5 ÷ 0,125 = 40 gallons dans le réservoir, dont 1 est d'eau salée.

Donc, 39 gallons d'eau douce.
10
—
390 livres de vapeur condensée pour chaque gallon de fuite d'eau salée.

TABLE

Indiquant le point d'ébullition de l'eau saturée à différents degrés le baromètre étant à 30 pouces.

Eau douce à		212		$\frac{7}{32}$	220.3
" salée à	$\frac{1}{32}$	213.2		$\frac{8}{32}$	221.5
" " à	$\frac{2}{32}$	214.4		$\frac{9}{32}$	222.7
" " à	$\frac{3}{32}$	215.5		$\frac{10}{32}$	223.8
	$\frac{4}{32}$	216.7		$\frac{11}{32}$	225.
	$\frac{5}{32}$	217.9	saturée	$\frac{12}{32}$	226.1
	$\frac{6}{32}$	219.1	Ne jamais dépasser 216° en pratiq.		

La température de l'ébullition varie de 0.9 de degré pour chaque demi-pouce de baromètre à mercure ; si le baromètre est plus haut que 30 pouces, il faut ajouter aux degrés de la table, et soustraire s'il est plus bas.

Ex.—Quel sera le point de l'ébullition de l'eau à $\frac{2}{33}$ de sel, quand le baromètre est à 29 pouces ?

Degrés d'ébullition d'après la table baisse de deux ½ pouces ; correction

$$\begin{array}{r} 214°4 \\ 1°6 \\ \hline 212°8 \end{array}$$

Il faut sonstraire, car le baromètre est au-dessous de 30.

Ainsi le point d'ébullition sera 212°8

Thermomètre

Le *thermomètre* est un instrumeut qui indique les variations de la température.

Le thermomètre ne dit rien de la quantité de chaleur contenue dans une substance d'après son état solide, liquide ou gazeux, ce que l'on nomme *chaleur latente.*

Une expérience bien propre à démontrer la différence entre les deux termes est celle-ci : prenons un verre d'eau; le thermomètre y étant plongé indiquera la température, de cette eau : plongé dans le tonneau d'eau d'où le verre d'eau a été tiré, il indiquera la même température : cependant il est évident qu'il y a beaucoup plus de chaleur dans un tonneau d'eau que dans un verre d'eau; donc le thermomètre indique la température, mais non la quantité de chaleur.

Le thermomètre le plus en usage dans les pays où l'on parle l'Anglais est le *Fahrenheit.*

Le *zéro* du thermomètre *centigrade* est fixée à la température de la glace fondante ; le zéro du thermomètre Réaumur est au même point ; mais le thermomètre Fahrenheit, plongé dans la glace fondante, marque 32 degrés.

Le point d'ébullition varie dans les trois thermomètres.

L'eau bout à 100 degrés du Centigrade
" " à 80 " du Réaumur
" " à 212 " du Fahrenheit

Par conséquent, 100 degrés Centigrades équivalent, en degrés F, à 212° moins 32°, ou à 180° ; 1 degré C vaut donc $\frac{180}{100}$ ou $\frac{9}{5}$ de dégré F, et réciproquement, 1 degré F égale $\frac{100}{180}$, ou $\frac{5}{9}$ de dégré C.

100 degrés Centigrades équivalent à 80 degrés Réaumur ; 1 degré C vaut donc $\frac{80}{100}$ au $\frac{4}{5}$ de dégré R, et réciproquement 1 degré R égale $\frac{100}{80}$ ou $\frac{5}{4}$ de degré C.

Donc pour convertir les degrés Centigrades ou les degrés Réaumur en degrés Fahrenheit, il faut opérer comme suit :

F....Nombre de dégrés Fahrenheit
C.... " " " Centigrades
R.... " " " Réaumur

$$F = \frac{9C}{5} + 32 \qquad R = \frac{4(F-32)}{9}$$

$$C = \frac{5(F-32)}{9} \qquad F = \frac{9R}{4} + 32$$

$$F = C + R + 32$$

Ex. 1.—Quel est le nombre de dégrés F correspondant à 124° Centigrades ?

$$124° \times 9 \div 5 + 32 = 255° \text{ F}$$

Ex.2.—Quelle est le nombre de degrés C correspondant à 95° F ?
On doit d'abord retrancher 32 du nombre donné, afin de compter les deux sortes de degrés à partir d'un même point.

$$95 - 32 = 63$$
$$63 \times 5 \div 9 = 35° \text{ C}$$

La formule peut aussi être posée comme dans la question suivante.

Ex. 3.—Quel est le nombre de degrés C correspondant à 90 dégrés F ?

$$90 - 32 = 58° \qquad \overset{F}{9} : \overset{F}{58} :: \overset{C}{5} : x \ldots 32{,}2° \text{ C}$$

Ex. 4.—Si la température de l'eau de mer est à 52° ; celle du réservoir à eau chaude à 118°, et si l'eau de mer augmente en température jusqu'à 76°, quelle sera la température de l'eau dans le réservoir ?

$76° - 52° = 24°$ $118° + 24° = 142°$ dans le réservoir.

Baromètre

Le *Baromètre* est un iustrument qui sert à mesurer la pression atmosphérique.

Le baromètre à mercure est souvent remplacé par le baromètre à cadran ; le baromètre de Bourdon est le plus en usage en Canada ; c'est un tube élastique en laiton, aplati et courbé ; le vide est fait à l'intérieur du tube ; le rayon extérieur étant plus grand que celui du dedans de la courbe, la pression de l'atmosphère comprime le tube, et tend à le faire fermer ; le tube est fixé par le milieu et les deux bouts laissés libres, et sur chacun des bouts est attacheé une petite tringle communiquant le mouvement à une roue dentée formant pignon ; sur l'axe de ce pignon est une aiguille semblable à celles d'une horloge, qui indique sur un cadran les différentes pressions.

Manomètre

Le *manomètre* sert à mesurer les pressions de plusieurs atmosphères, telles qu'elles se produisent dans les chaudières à vapeur. Il y en a de plusieurs sortes, mais le plus usité est le manomètre de Bourdon ; sa construction est absolument la même que celle du baromètre ; mais au lieu du vide dans le tube aplati et recourbé, on met l'intérieur en communication avec la vapenr de la chaudière ; la pression intérieure réclame une plus grande place, et tend à redresser le tube ; des leviers et un pignon agissent sur une aiguille indicatrice des pressions par atmosphères et fractions.

Chaleur

On donne le nom de *chaleur* à la cause qui fait naître en nous l'impression du chaud ou du froid ; mais cette cause a des effets plus variés et plus puissants : c'est elle qui fait fondre la glace, bouillir l'eau, rougir le fer.

La chaleur étant la source de la production de la vapeur, tout mécanicien de machine à vapeur doit étudier la partie qui l'intéresse dans ce sujet important.

Chaleur latente ou chaleur morte

Si un corps solide, tel que la glace, est mis en contact avec une source régulière de chaleur, on remarque, pendant la fusion de cette glace, qu'il y a disparition d'une quantité considérable de chaleur, dont l'unique effet est de faire passer cette glace de l'état solide à l'état liquide, sans en changer la température ; car l'eau produite par la glace fondue, indique la même température que la glace qui l'a produite.

Cette chaleur disparue, insensible, parce qu'elle n'affecte ni les sens ni le thermomètre, se nomme *chaleur latente.*

On vient de voir que, lorsqu'un corps passe de l'état solide à l'état liquide, sa température reste constante et égale à celle du point de fusion pendant toute la durée de la fusion, cela a lieu quelle que soit l'intensité de la source de chaleur.

De là on conclut que la chaleur communiquée au corps pendant la fusion, est tout entière consommée pour donner aux molécules l'orientation et le mouvement vibratoire nécessaires à la transformation en fluide. C'est pourquoi on lui donne le nom de *chaleur latente.*

L'expérience suivante donne une idée exacte de ce qu'il faut entendre par chaleur latente.

Si l'on mélange d'abord une quantité, disons une livre, de glace pilée ou de neige à 32 degrés, avec une livre d'eau à 172°, on obtient après la fusion, deux livres d'eau à une température de 32° degrés ; l'eau chaude en refroidissant de 172° à 32, a perdu 140° degrés de chaleur, uniquement pour changer la neige en eau, cette quantité de chaleur représente donc la chaleur du fusion de la glace, ou la chaleur latente.

Maintenant si nous prenons une livre d'eau à 32° et une livre d'eau à 172° pour en faire un mélange, nous aurons deux livres d'eau à 132°, qui est la moyenne des deux températures.

Dans une expérience faite par celui qui a découvert la chaleur latente, 10½ heures se sont écoulées avant que la glace à 32 degrés fût entièrement fondue ; l'eau produite par cette fusion n'était qu'à 40 degrés, ou 8 degrés de plus que la glace fondante.

Durant la période sus-mentionnée, la chambre d'opération était disposée de manière à fournir à la glace fondante 7 degrés de chaleur par demi-heure ; 7 multiplié par 21, nombre de demi-heures, donne 147°, ce qui serait la température de l'eau de glace, si la chaleur ne fût devenue latente ; la température n'é-

tait cependant que de 40° ; elle ne s'était élevée que de 8 degrés durant la fusion.

Si l'on soustrait 8 de 147, on obtient 139, nombre de degrés de chaleur absorbé par la glace pendant sa fusion sans en élever la température ; en d'autres termes, la glace, en fondant, a rendu latente autant de chaleur qu'il en faut pour élever le thermomètre de 139°, ou plus correctement de 140 degrés.

On voit, par ce qui précède, qu'une quantité considérable de chaleur disparaît et devient latente, lorsqu'un corps passe de l'état solide à l'état liquide ; mais cette chaleur disparue n'est pas perdue, car nous la retrouvons lorsqu'un corps passe de l'état liquide à l'état solide.

Lorsque l'eau redevient de la glace, les 140 degrés de chaleur latente deviennent sensibles, et abandonnent l'eau avant qu'elle puisse se solidifier.

On peut trouver la chaleur totale de la vapeur d'eau par la formule suivante :

$$1115 + 0{,}3T = \text{chaleur totale}$$

T désigne la température ou la chaleur sensible de la vapeur.

Ex.—Quelle est la chaleur totale de la vapeur à 212 degrés ?

$$1115 + 0{,}3 \times 212 = 1115 + 63{,}6 = 1178{,}6 \text{ chaleur totale.}$$

Quelle est la chaleur latente de la vapeur à 212 dégrés ?

	1178	chaleur totale.
	212	" sensible.
Différence....	966,6	" latente.

Vaporisation

Pendant l'évaporation de l'eau, il se produit un phénomène semblable à celui que l'on constate pendant la fusion de la glace.

Le passage d'un corps de l'état liquide à l'état de vapeur se désigne généralement sous le nom de *vaporisation.*

On entend spécialement par *évaporation* toute production lente de vapeur à la surface d'un liquide ; et par *vaporisation,* une production rapide de vapeur dans sa masse même.

Il n'est pas nécessaire, pour la production de la vapeur, que le liquide soit en ébullition.

Si un thermomètre est plongé dans l'eau bouillante, tant que l'eau bout, il reste au même point, 212 degrés ; la vapeur formée par l'eau en ébullition indique aussi 212 degrés. C'est ainsi que nous avons vu l'eau produite par la glace fondante accuser 32 degrés la même température que la glace.

La vapeur n'étant pas plus chaude que l'eau qui l'a produite, nous serions tentés de croire qu'il suffit, pour la production de la vapeur, d'élever la température de l'eau à 212 dégrés. Si cela était suffisant, rien au monde ne serait aussi dangereux que de faire bouillir l'eau ; car dès que la température atteindrait 212°, il s'en suivrait une explosion violente excédant de beaucoup celle de la poudre. Cela est certain par le fait même qu'un volume d'eau changé en vapeur occupe un espace 1694 fois plus grand

qu'en liquide. Ainsi un pouce cube d'eau produira 1694 pouces cubes de vapeur.

La chaudière la plus forte serait mise en pièces par la dilatation instantanée d'une petite quantité d'eau à son intérieur.

Comme l'eau changée en vapeur rend latente une quantité considérable de chaleur, on peut, par une expérience convenable, s'assurer de cette quantité.

En plaçant un vase d'eau à 32 degrés sur une source constante de chaleur, et remarquant le temps écoulé pour élever la température de 32 degrés à 212 degrés, on trouve qu'il faut environ cinq fois le même temps avant que l'eau soit entièrement évaporée. Pendant ce temps l'eau aura absorbée 180 degrés de chaleur (212 – 32 = 180) pendant le premier espace de temps,—disons une demi-heure,—l'eau aura reçu 180 degrés de chaleur ; en multipliant 180 degrés par 5, nombre de demi-heures, nous aurons 940 degrés de chaleur ; cependant la température de la vapeur n'est que 212 degrés ; donc la chaleur transmise à l'eau à eu un autre effet que d'élever la température : elle est entrée dans la vapeur, et est devenue latente ; cela est démontré pendant la condensation de la vapeur, par la quantité de chaleur rendue sensible lorsque l'eau revient à son premier état

Si la température de 11 volumes d'eau à 32° est élevé a 212° par la condensation de la vapenr, nous aurons treize volumes après la condensation en conséquence de la quantité de vapeur condensée.

Donc, deux volumes d'eau changés en vapeur, ont élevé la température de onze volumes d'eau liquide de 32° à 212°, chaque volume d'eau a donc reçu 110° de chalenr ; cependant la température est la même, 212°, la vapeur condensée a rendu sensible 180 degrés de chaleur ; sans changer de température, elle a tout simplement changé de forme.

Par comparaison, prenons onze mesures d'eau à 32°, et deux mesures d'eau à 212° (au lieu de vapeur) ; en faisant le mélange de l'eau chaude et de la froide, on verra la température s'élever d'environ 28° donc la vapeur contient beaucoup plus de chaleur que l'eau à la même température sensible.

Dans la première expérience, deux mesures d'eau en vapeur ont communiqué à chacune des onze mesures d'eau 180° de chaleur ; donc une mesure de vapeur élèvera 5½ mesures d'eau à la même température ; en multipliant 180 par 5½, nous aurons 990, quantité de chaleur latente de la vapeur, ce qui serait la température de la vapeur si elle était sensible.

(La condensation sera traité dans un autre article.)

La *cohésion* de l'eau est considérable dans son état solide ; cette *cohésion* est beaucoup diminuée dans l'état liquide, et elle est entièrement détruite quand l'eau est changée en vapeur.

La chaleur exige pour sa production, et produit par sa disparition, 772 *livres-pieds* pour chaque unité de chaleur.

Ex.—Quelle est le nombre d'unités de chaleur d'une machine à vapeur ayant les dimensions suivantes : Diamètre du cylindre 50 pouces ; course 36 pouces ; révolutions 54 ; pression au pouce carré 24½ durant toute la course ?

Quelle est la quantité de charbon consommée par heure?

Nota.—*Nous désignerons l'unité de chaleur par U. C.*

Le nombre *U. C.* par minute égale :

$$\frac{0.7854 \times 50^2 \times 24.5 \times 3 \times 108}{772} = 20189.46$$

20 189,46 première réponse.

Une livre de charbon donne 8 000 *U. C.* dans les fourneaux ; mais une quantité considérable de chaleur est perdue, $\frac{1}{10}$ seulement se rend au piston ; c'est-à-dire qu'une livre de charbon donne 800 *U. C.* au piston.

Il y a 20189,46 *U. C.* au piston.

Donc $20\,189,46 \div 800 = 25,2388$ livres de charbon par minute.

$25,2388 \times 60 \div 2240 = 0,677$ tonneaux par heure.

Ex. 2.—Si 27 livres d'eau à 32° Fahrenheit sont ajoutées à 43 livres à 212°, quelle sera la température du mélange ?

U. C. de la première quantité....27 lbs × 32° = 864
" " seconde " 43 × 212 = 9116

Total....9980

Poids du mélange : $27 + 43 = 70$ livres.

La température du mélange égale $9980 \div 70 = 142^{\circ}\frac{4}{7}$

Ex. 3. – Lorsque l'eau d'injection est à 52° et que celle du réservoir est à 113°, si l'eau d'injection augmente en température jusqu'à 76°, et s'il est impossible de donner plus d'eau à l'injection, quelle sera la température de l'eau du réservoir ?

$76° - 52° = 24°$ $113° + 24° = 137°$

Ex. 4.—Si une livre de glace absorbe en fondant 144 U. C., quelle sera la température résultant d'un mélange de 16 livres de glace à 32° et de 40 livres d'eau à 212 ° ?

U. C. de l'eau $212° \times 40 = 8480$
U. C. perdues à fondre la glace $144 \times 16 = 2304$

U. C. de différence 6176

Les 16 livres de glace, en absorbant 2304 U. C., sont devenues 16 livres d'eau à 32°.

U. C. de l'eau de glace....$32 \times 16 = 512$
Total, U. C. du mélange....$6176 + 512 = 6688$
Poids total du mélange....40 lbs + 16 lbs = 56 lbs
Donc la température du mélange égale
$6688 \div 56 = 119\frac{3}{7}$

Ex. 5.—Si une livre de vapeur élève de 1° la température de 1000 livres d'eau, l'eau d'injection étant à 52° et l'eau de la décharge à 113°, combien aura-t-il circulé de livres d'eau dans le condenseur pour chaque livre de vapeur ?

112
52
—
60 différence

60)1000
—
16,666 livres

Ex. 6.—La F. C. I.* d'une machine est 682 ; cette machine use 21 livres de vapeur par heure pour chaque F. C. I ; si une livre de vapeur condensée donne assez de chaleur pour élever de 1° Fahrenheit la température de 1000 livres d'eau, l'eau d'injection étant à 57°, et la température de l'eau de la décharge à 115° ; combien de tonneaux d'eau d'injection faudra-t-il pour 10 heures de travail ?

$$\begin{array}{r} 115 \\ 57 \\ \hline 58 \end{array} \qquad \frac{1000}{58} = 17.24 \text{ livres d'eau pour condenser 1 livre de vapeur.}$$

$682 \times 21 = 14322$ livres de vapeur condensée par heure.

$14322 \times 17.24 = 246911.28$ livres d'eau froide par heure.

$$\frac{246911.28 \times 10}{2240} = 1102.28 \text{ tonneaux par journée de 10 heures.}$$

Ex. 7.—La surface d'un condenseur est de $2\frac{3}{4}$ pieds carrés par F. C. I. ; longueur des tubes 6 pds 3 pcs, diamètre intérieur $\frac{3}{4}$ pce, capacité 600 lbs d'eau par F. C. I. ; l'eau passe deux fois par les tubes ; quelle est la vitesse de l'eau ?

V....vitesse de l'eau.
L....Longueur des tubes.
D....Diamètre " "
F....Nombre de fois que l'eau passe.
P....Poids de l'eau par F. C. I.
S....Surface en pds carrés par F. C. I.

Règle : $V = LFP \div 80D^2S$

$$V = \frac{6,25 \times 2 \times 600}{80 \times \frac{3}{4} \times \frac{3}{4} \times 2\frac{3}{4}} = \frac{7500}{123\frac{3}{4}} = 60,6 \text{ pieds}$$

Ex. 8.—Avec une consommation de 42 tonnes par jour, la température dans la cheminée est de 600°; si après quelques jours on est obligé de consommer 44 tonnes pour produire la même quantité de vapeur, quelle sera la température dans la cheminée ?

Nota. Si le percentage ou taux pour cent de l'évaporation est augmenté, la température des gaz qui s'échappent par la cheminée augmentera de 22 pour cent.

$$\begin{array}{l} 44 \text{ tonneaux} \\ 42 \quad \text{"} \\ \hline 2 \text{ augmentation} \end{array}$$

L'augmentation est 2 pour 42 : quel est le percentage ?

$42 : 100 :: 2 : x \ldots 4,76$

*F. C. I. Force de cheval indiquée.

Augmentation de température....4,76 × 22 = 104,72
Première température....600

Réponse Dernière " 704,72

Le calcul est plus court par la formule suivante :

$$T = t + \frac{2200\,(C - c)}{c} \text{ ou } 600 + \frac{2200 \times (44 - 42)}{42} = 104,76$$

$$600 + 104,76 = 704,76^\circ$$

Ex. 9.—Au commencement d'un voyage, avec une consommation de 10 tonnes par jour, la température dans la cheminée était à 560° ; mais à la fin la température était à 690 ; quelle était l'augmentation de la consommation ?

D....Différence de consommation.

D ÷ 2200 = l'augmentation D × consommation originelle

$$\frac{690—560}{2200} \times 10 = ,591$$

Consommation actuelle....10 + ,591 = 10,591 tonnes.

Ex. 10.—La température de l'eau du réservoir étant à 120°, avec une consommation d'une livre de charbon pour 8 livres d'eau évaporée, quel serait le nombre de livres d'eau évaporée si la température du réservoir était à 150° ?

Augmentation....D ÷ 1100

$$\text{Ou } \frac{150 - 120}{1100} \times 8 \text{ lbs} = 0,218 \text{ d'augmentation}$$

8 + 0,218 = 8,218 lbs évaporées

Ex. 11.—La température de l'eau dans le réservoir est à 120°, et le *vacuum* à 12 livres ; mais, par accident, la température du réservoir s'élève à 150° ; quel doit être le *vacuum ?*

Règle. La diminution s'obtient en multipliant la différence des températures par la plus grande température moins 50, et par la plus petite température moins 50, et en divisant le résultat par 100 000.

T....La grande température.
t....La petite "
D....La différence des températures

$$\text{La diminution} = \frac{D(T - 50)\,(t - 50)}{100\,000}$$

$$\frac{(150 - 120)\,(150 - 50)\,(120 - 50)}{100\,000} = \frac{30 \times 100 \times 70}{1000} = 2.1$$

Le nouveau *vacuum* égale 12—2,1 = 9,9 livres

Ex. 12.—Connaissant la température de l'alimentation, si l'on soustrait cette température de la chaleur totale de la vapeur, on aura le nombre d'unités de chaleur absorbées par chaque livre d'eau changée en vapeur.

Or 1115° + 0,3 T—t=unités de chaleur pour changer 1 livre d'eau en vapeur.

Ex. 13.—Si la température de la vapeur dans une chaudière est 270°, et l'alimentation à 110°, combien de *U. C.* faudra-t-il ajouter à l'eau de l'alimentation pour la changer en vapeur.

$$1115° + (0.3 \times 270°) - 110° = 1086° \ldots \text{réponse}$$

Ex. 14.—Si une livre de charbon évapore 9 livres d'eau d'une température de 212°, combien de livres d'eau évapore une livre de charbon, si la température de la vapeur est à 320° et l'alimentation à 120 degrés?

1ère $1115° + 0.3 \times 212 - 212° = 966.6$ U. C. par livre d'eau
2me $1115 + 0.3 \times 320 - 120 = 1091$ " " "
$1091 : 966.60 :: 9 : 7.97$ lbs d'eau

Ex. 15.—Si la perte due à l'échange de l'eau est 0.11 pour cent du combustible consommé, la température de la vapeur 250°, et celle de l'alimentation 110°, quel doit être le degré de saturation dans la chaudière au-dessus de celui de l'alimentation?

Règle.—La différence des températures entre la vapeur et l'alimentation, divisée par la chaleur totale moins celle de l'alimentation, et multipliée par le taux de perte plus 1, est la valeur du degré de saturation dans la chaudière au-dessus de l'alimentation.

$$1115 + 0.3 \times 250 = 1190° \ldots \text{chaleur totale}$$
$$1190 - 110 = 1080 \qquad 1080 \times 0{,}11 = 118{,}8$$
$$250 - 110 = 140 \qquad (140 \div 118{,}8) + 1 = 2{,}17$$

$$\frac{250 - 110 + 1}{1190 - 110 \times 0{,}11} = 2{,}17 \text{ degrés au-dessus de l'alimentation.}$$

$$\frac{T - t}{1115° + 0{,}3T - t + 1} = \text{le percentage de perte.}$$

Ex. 16.—Une machine fonctionne avec un condenseur à surface, et consomme 12 tonnes de charbon par jour; par suite d'accident, le condenseur doit être changé en condenseur à jet; la densité de l'eau de la chaudière égale 1 fois $\frac{3}{4}$ celle de l'alimentation; la température de la vapeur est 307°, et l'alimentation 120°; quelle est la consommation de charbon par jour?

La formule du dernier exemple se change comme suit:

$$\text{Perte} = \frac{T - t}{1115° + 0.3\ T - t} \times \text{le percentage moins 1.}$$

$$1\tfrac{3}{4} - 1 = \tfrac{3}{4} \qquad \frac{307 - 120}{1115 + 0{,}3 \times 307 - 120 \times 0{,}75} = \frac{187}{815{,}325} = {,}229$$

La perte due à l'échange de l'eau est 0,229 pour chaque tonne de charbon.

De 1,000 de consommation.
Soustraire ,229 de perte

Il reste 0,771 d'utilisé.

771 : 1 :: 12 : x....15,5 tonnes de consommation.

NOTA. Dans les questions précédentes, les opérations ont été faites à des chiffres de température au-dessus du zéro Fahrenheit ; mais il y a un autre *zéro*, qui est le *zéro absolu* ; ce point n'est déterminé que par raisonnement, C'est le point dans un parfait thermomètre à gaz, où le gaz perd son élasticité, ce qui a lieu à 461° au-dessous du zéro de l'échelle du thermomètre Fahrenheit.

ou 0°—461,2

Ex.—Quand la température de l'air est à 39°, sa pression est 14,7 lbs au pouce carré; quelle serait la pression si la température était à 75° ?

461° + 39 = 500 au-dessus du zéro absolu

461 + 75 = 536

536 : 500 :: 14.7 : x .... 13.7 livres

TABLE

indiquant le point de fusion, la dilatation, et le pouvoir de transmission de la chaleur.

Substances	Pouvoir de transmission de chaleur	Dilatation de 32 à 212 F.	Point de Fusion	Substances	Pouvoir de transmission de chaleur	Dilatation de 32 à 212 F.	Point de Fusion
Eau à 39°	.....	,04775	32°	Bronze	......	,002	1834
Or	1000	,0016	2100	Bismuth	......	,0014	495
Argent	973	,0019	1873	Plomb	180	,0028	612
Cuivre	898	,0018	1950	Etain	304	,0021	442
Fer	347	,0012	....	Zinc	363	,0029	736
Fonte	......	,0011	2786	Antimoine	......	,0011	810
Platine	381	,0009	3080	Mercure	......	018153	-38$\frac{1}{2}$

Vapeur

Suivant le Dr Lardner

La vapeur d'eau est semblable à l'air par son élasticité, c'est comme un composé de chaleur et d'eau, c'est un fluide élastique ; quand elle n'est pas en contact avec l'eau, elle est soumise aux mêmes lois que les gaz, c'est-à-dire qu'elle se dilate de $\frac{1}{481}$ de son volume pour chaque degré de chaleur qu'elle reçoit, et que sa force élastique reste la même avec une température constante ; les variations de sa force élastique sont en raison inverse de son volume.

La vapeur étant conservée dans un réservoir, à une température de 212° degrés Fahrenheit, son volume sera 1696 fois plus grand que le volume d'eau qui l'a produite, avec une pression de 14.7 livres au pouce carré, le baromètre étant à 29.9.

Table

Indiquant la température et le volume relatif de la vapeur à différentes pressions.

Livres au pouce carré	Force élastique en pouces de mercure	Force atmosphérique.	Température en degrés Fahrenheit.	Volume de vapeur pour un d'eau	Chaleur totale
1	2.04	.068	103	20958	1145.35
5	10.20	.340	163.065	4769	1163.61
10	20.40	.680	193.165	2435	1172.77
15	30.60	1.020	212.8	1281	1178.84
20	40.80	1.360	225.	1169	1183.55
25	51.0	1.7	241.	1044	1187.38
30	61.2	2.04	251.6	883	1190.66
35	71.4	2.38	260.9	767	1193.45
40	81.6	2.72	269.1	679	1195.84
45	91.8	3.06	276.4	610	1198.22
50	102.	3.4	283.2	554	1200.21
60	122.4	4.08	295.6	470	1204.06
70	142.8	4.76	306.4	408	1207.32
80	163.22	5.40	315.8	362	1210.23
90	183.62	6.12	324.3	325	1212.83
100	204.	6.8	332.	295	1215.14
110	224.4	7.48	339.2	271	1217.31
120	246.8	8.16	345.8	251	1219.36
130	265.2	8.84	352.1	233	1221.31
140	285.6	9.52	357.9	218	1223.09
150	306.	10.2	363.4	205	1224.76
160	326.42	10.88	368.7	193	1226.
170	346.8	11,56	373.6	183	1227.4
180	367.25	12.24	378,4	174	1228.52

Détente ou expansion de la vapeur

La grande élasticité de la vapeur et la facilité avec laquelle elle se dilate, sont une source d'épargne que les mécaniciens ne sauraient trop étudier.

Le courant de vapeur admis dans un cylindre étant intercepté ou tranché avant la fin de la course du piston, la vapeur déjà admise se dilatera, et, par sa force élastique, finira la course du piston en se dilatant.

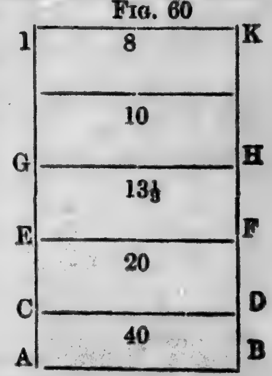
Théoriquement, cette vapeur se dilatera suivant la loi de Mariotte, la pression sera en raison inverse du volume ; mais en pratique il y a plusieurs causes qui altèrent l'application de cette loi.

L'admission de la vapeur étant ainsi tranchée ou arrêtée avant la fin de la course, il en résulte que la pression va en diminuant jusqu'à la fin de la course du piston.

Supposons un cylindre de 5 pieds de course (fig. 60), divisé en cinq parties égales, représentées en ABK1. Admettons la vapeur dans la partie ABCD, avec une pression de 40 livres au pouce carré ; sous cette pression, le piston avancera de AB jusqu'en CD, soit à une distance d'un pied.

L'admission de la vapeur étant interceptée à ce point, la force élastique de la vapeur continuera la course, et le piston avancera de CD à EF, à une distance d'un pied ; l'espace se trouvant ainsi doublé, la pression sera réduite de 40 à 20 livres au pouce carré ; le piston arrive donc en EF avec une pression de 20 livres, et continue sa course jusqu'à GH, un pied plus loin ; le volume primitif étant ainsi triplé, la pression sera $\frac{1}{3}$ de 40 ou $13\frac{1}{3}$, et ainsi de suite pour les autres points de la course, jusqu'à la fin ; la pression de la vapeur, aux points successifs à distances égales, sera 40, 20, $13\frac{1}{3}$, 10, et 8 livres.

Fig. 60



Nota.—Il y a sans doute perte de chaleur durant la dilatation ; le moyen le plus certain de s'assurer de la quantité de chaleur perdue durant la dilatation, est l'emploi de l'*indicateur*.

Cherchons maintenant l'effet d'un coup de piston : trouvons d'abord les moyennes des pressions aux différents points de la course, ensuite nous trouverons la moyenne de toutes les pressions.

Pression du premier	pied de la course	....	40 lbs
moyenne du second	"		$40+20\div2=30$
"	3ème	"	$(20+13\frac{1}{3})\div2=16\frac{2}{3}$
"	4ème	"	$(13\frac{1}{3}+10)\div2=11\frac{2}{3}$
"	5ème	"	$(10+8)\div2=9$
		Total des cinq valeurs....	$107\frac{1}{3}$

$107 \div 5 = 21\frac{7}{15}$....moyenne approximative de toutes les pressions.

La force déployée dans un coup de piston égale la moyenne multipliée par la longueur de la course :

$$21\frac{7}{15} \times 5 = 107\frac{1}{3}$$

Maintenant considérons la vapeur comme admise pendant toute la durée de la course ; la force déployée égale $40 \times 5 = 200$; mais cette force ainsi déployée absorbe cinq fois la quantité de vapeur que l'on dépensait dans le cas de la détente au cinquième : donc la force déployée par une égale quantité de vapeur est $\frac{1}{5}$ de 200, ou 40. En comparant les nombres 40 et $107\frac{1}{3}$, nous trouvons que la vapeur dilatée fait $2\frac{2}{3}$ fois le travail de la vapeur non dilatée.

La décroissance de la pression durant la dilatation étant figurée en une courbe, forme une *ligne hyperbolique*, dont AX et AY sont les asymptotes, ou les droites avec lesquelles la courbe tend à se confondre (FIG. 61).

Le rectangle ABCm représente l'effet mécanique de la vapeur avant l'expansion, et la surface CVDEm représente l'effet mécanique durant l'expansion.

Admettons que l'aire ABCm soit l'unité de surface ; nous trouverons l'aire CVDEm par le moyen des logarithmes de NAPIER. Ces logarithmes ont pour base le nombre 2.7182818.

Le logarithme népérien d'un nombre quelconque s'obtient en multipliant le logarithme vulgaire de ce nombre par 2.30258509.

Les logarithmes népériens sont souvent appelés logarithmes hyperboliques, parce qu'ils expriment les aires comprises entre les asymptotes et les branches de l'hyperbole, ces aires étant limitées par des lignes parallèles aux asymptotes ; et comme les asymptotes sont à angle droit, le logarithme hyperbolique nous donnera l'aire requise.

L'asymptote de l'hyperbole en question est n fois Am ; n représente le nombre de fois que la distance Am est contenue dans AE.

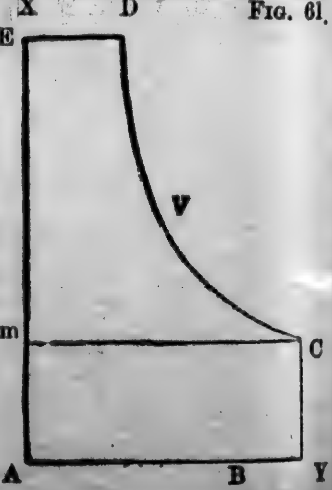


FIG. 61.

Pour trouver l'effet mécanique de la vapeur durant l'expansion, nous divisons l'espace parcouru par le piston avant le commencement de l'expansion (espace que l'on prend comme unité), par le nombre n des espaces pareils contenus dans toute la course du piston ; le logarithme népérien du nombre réciproque de cette fraction, ajouté à l'effet ou au travail exercé avant l'expansion, nous donnera l'effet total du pouvoir exercé durant toute la course.

L'effet mécanique est égal à la pression multipliée par la distance sur laquelle la pression s'est effectuée. Donc, nous pouvons obtenir la pression moyenne en multipliant l'effet mécanique par la pression initiale de la vapeur, et divisant par n, distance totale parcourue sous l'action de la vapeur.

On obtient la pression finale de la course, en divisant la pression initiale par n.

On obtient le taux pour cent du gain par l'expansion de la vapeur, en multipliant par 100 l'effet mécanique durant l'expansion.

Ex.—Supposons que nous ayons une pression de 20 livres, interceptée à $\frac{1}{4}$ de la course.

La fraction est $\frac{1}{4}$, alors $n=4$.

Le logarithme hyperbolique de 4 est 1,386, ce qui représente l'effet mécanique durant l'expansion ;

$1{,}386+1=2{,}386$....effet mécanique total.

$2{,}386\times 20\div 4=11{,}93$....pression moyenne

$20\div 4=5$....pression finale.

$1{,}386\times 100=138.6$....percentage du gain en utilisant la détente de la vapeur.

TABLE

des logarithmes hyperboliques nécessaires aux calculs des différents points d'interception.

Nombres	Logarithmes hyperboliques	Points d'interception
1,143	0,133	$\frac{7}{8}$
1.333	0.287	$\frac{3}{4}$
1.6	0.47	$\frac{5}{8}$
2.	0.693	$\frac{1}{2}$
2.666	0.982	$\frac{3}{8}$
4.	1.386	$\frac{1}{4}$
8.	2.079	$\frac{1}{8}$

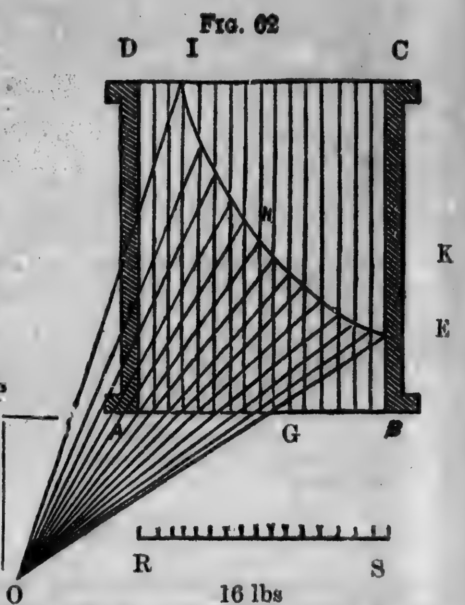
La figure suivante servira à montrer comment on peut construire, par un moyen très simple, la courbe théorique de l'expansion, et trouver la pression à tous les points de la course.

Réprésentez la section d'un cylindre ABCD du diamètre et de la course donnés.

Divisez le diamètre AB en un nombre pair de parties égales, et par chacun des points de division, menez une ligne perpendiculaire à AB, ou parallèle à l'axe du cylindre.

Prolongez la droite BA d'une longueur AP égale à la moitié de AB ; menez une droite indéfinie PO perpendiculaire à PB.

Fig. 62



Soit E le point de la course où la vapeur est interceptée, après quoi la détente ou l'expansion se fait de ce point jusqu'à la fin de la course.

Par le point G, milieu de AB, menez la droite EGO. Puis, du point O, menez des droites passant par les divers points qui sont marqués entre G et A, et prolongez ces lignes respectivement jusqu'aux perpendiculaires en partant de BC, la ligne menée du point O par le premier point à gauche de G s'arrêtant à la première perpendiculaire située à gauche de BC; la seconde oblique à la seconde perpendiculaire, et ainsi de suite. Les points obtenus sur les perpendiculaires déterminent la courbe EHI, qui est la courbe de l'expansion ou de la détente.

Tracez la ligne RS égale au diamètre du cylindre, et divisez cette ligne en autant des parties égales que l'indique la pression initiale de la vapeur ; vous aurez ainsi une *échelle des pressions*, et en la présentant, parallèlement au diamètre, en un endroit quelconque de la course, vous lirez la pression correspondant à ce point de la course.

Dans la figure précédente, les divisions faites sur AB se trouvent en même nombre que celles de RS, ce qui rend la lecture plus facile.

Avant de quitter ce sujet, prenons en considération le gain de combustible résultant de l'emploi de l'expansion ou détente de la vapeur.

Sachant à quel point de la course la vapeur est interceptée, et conséquemment la fraction du cylindre où la vapeur est admise, il est facile de trouver le percentage du gain fait sur le combustible. On peut aussi trouver l'effet mécanique de la vapeur.

Il est évident que cet effet mécanique sera moindre que si la vapeur était admise durant toute la course du piston.

Pour trouver la différence entre l'effet mécanique de la vapeur admise durant toute la course, et l'effet produit par la vapeur interceptée à un point quelconque, il faut trouver le percentage de combustible requis pour rendre l'effet mécanique du dernier égal au premier ; cela s'obtient en faisant une proportion comme suit:

L'effet mécanique de la vapeur interceptée, *est à* la différence entre l'effet mécanique de toute la course et l'effet de la vapeur intercepté au point donné, *comme* le percentage du combustible requis de la vapeur inteceptée, *est au* au percentage de combustible requis pour égaler l'effet mécanique de l'admission de la vapeur durant toute la course.

Cette dernière quantité doit être soustraite du percentage de combustible épargné en interceptant la vapeur à un point donné, pour que l'effet mécanique soit égal à l'effet de l'admission *durant* toute la course.

Ex.—Quel est le gain pour 100 de combustible, si la vapeur est interceptée à la moitié de la course ? que faudrait-il faire pour que l'effet mécanique fût égal à l'effet de l'admission pendant toute la course ?

Par la table précédente on voit que l'effet mécanique de la vapeur interceptée à $\frac{1}{2}$ course serait 1.693 ; et comme la vapeur n'est admise que durant la moitié de la course, le gain serait 50 pour cent.

Mais si la vapeur était admise durant toute la course, l'effet mécanique serait 2, et sans épargne de combustible.

Alors, 2—1,693=0,307 . . . différence des effets mécaniques.

Maintenant, pour trouver le percentage du combustible requis pour égaler cette différence, on dit :

1.693 : 0.307 :: 50 : 9

Donc il faudrait 9 pour cent de plus de combustible pour que l'effet mécanique de la vapeur interceptée fût égal à l'effet de l'admission de la vapeur durant toute la course.

Alors, 50—9=41 pour cent; tel est le gain total en interceptant la vapeur à demi-course.

Ex. 2.—Quel est le gain pour cent de combustible, aux mêmes conditions que dans le premier exemple, excepté que la vapeur est interceptée au $\frac{1}{4}$ de la course.

2,386 est l'effet mécanique correspondant à l'interception de la vapeur au $\frac{1}{4}$ de la course ; 75 pour cent, telle est l'épargne de combustible, lorsqu'on intercepte au $\frac{1}{4}$ de la course.

L'effet mécanique correspondant à toute la course est 4 ; il suffit donc de 25 pour cent de combustible pour le $\frac{1}{4}$ de la course.

4—2,386=1,614. . . . différence des effets

2,386 : 1,614 :: 25 : 16,8.

Il faut donc 16,8 pour cent de plus de combustible, pour que l'effet mécanique de la vapeur interceptée au $\frac{1}{4}$ de la course, soit égal à l'effet de l'admission pendant la course entière.

Pour que l'effet mécanique de la vapeur interceptée soit égal à l'effet de la vapeur admise durant toute la course, il est évident qu'il faut que la pression initiale soit augmentée, pour que la pression moyenne soit la même dans les deux cas.

On suppose que la pression moyenne de la vapeur admise durant toute la course est un certain nombre de livres ; alors, il faut trouver la pression initiale nécessaire pour que la moyenne

de la pression de la vapeur interceptée soit égale à la moyenne de la pression dans le premier cas. La question peut être posée comme suit :

Trouvez le nombre qui, multiplié par l'effet mécanique de la vapeur interceptée, et divisé par l'espace sur lequel cet effet mécanique s'est exercé, sera égal à la pression moyenne de la vapeur admise durant toute la course ; ce résultat sera la moyenne de pression durant l'expansion.

Ce nombre se trouve par la formule suivante :

L'effet mécanique de la vapeur interceptée, *est au* nombre de fois que la vapeur s'est dilatée, ou la distance sur laquelle l'effet mécanique s'est exercé, *comme* la pression moyenne de l'admission durant toute la course, *est à* la pression moyenne requise.

Ex. 1.—Les deux exemples précédents supposent la pression de 20 livres durant toute la course.

Lorsque la vapeur est interceptée à demi-course, le nombre représentant l'effet mécanique est 1,693 ;

2 est le nombre de fois que la vapeur est dilatée.

1,693 : 2 :: 20 : 23.625

Ainsi 23,625 livres est la pression initiale requise pour que la vapeur dilatée produise le même effet mécanique que la vapeur à 20 livres employée sans expansion.

Ex. 2.—Quand la vapeur est interceptée à ¼ de la course :

2.386 est l'effet mécanique ;

4 est le nombre de fois que la vapeur est dilatée.

2,386 : 4 :: 20 : 33,5.

Ainsi 33,5 livres sera la pression initiale requise.

Il ne faut pas oublier que, quoique la pression initiale soit plus grande lorsque la vapeur est interceptée, afin de produire le même effet que lorsqu'elle ne l'est pas, il y a un gain de combustible, résultant de ce fait, que, dans le premier cas, il n'y a d'employé qu'un demi-cylindre de vapeur, et dans le second cas, ¼ de cylindre seulement.

TABLE

La table suivante donne le gain de combustible résultant de l'interception de la vapeur à différents points de la course, et la relation entre la pression de la vapeur interceptée, et celle de la vapeur admise pendant la course entière.

Points d'interception	Gain pour cent de combustible	Pression initiale requise	
		Pression durant toute la course	Interceptée
$\frac{7}{8}$ de la course	11.73	1	1.008
$\frac{3}{4}$	22.4	1	1.03
$\frac{5}{8}$	32.	1	1.09
$\frac{1}{2}$	41.	1	1.18
$\frac{3}{8}$	49.6	1	1.32
$\frac{1}{4}$	58.2	1	1.67
$\frac{1}{8}$	67.6	1	2.6

Quand la pression qui doit suivre le piston durant toute la course est donnée, la pression initiale de la vapeur interceptée s'obtient en multipliant la pression donnée par le nombre donné dans la dernière colonne, en correspondance avec le point d'interception.

Il faut remarquer ici que tous les résultats ci-dessus mentionnés sont théoriques. Il ne faut pas confondre ces résultats avec le gain réalisé en pratique, qui varie par plusieurs causes, entre autres par la perte de chaleur durant l'expansion, par la condensation dans le même temps, par la friction ou les frottements, et par l'arrière-pression.

L'arrière-pression sur les pistons est causée par la fermeture des lumières avant la fin de la course du piston, surtout dans les machines à condenseur, vu l'impossibilité d'obtenir un *vacuum* ou vide parfait ; et, dans les machines à haute pression, par la résistance que souffre l'échappement dans les passages tortueux, et enfin par la pression de l'atmosphère.

Cette arrière-pression et les frottements imposent une limite, même à l'expansion théorique, car il faut que la pression effective à la fin de la course, qui est la différence entre la pression indiquée et l'arrière-pression, soit au moins égale à la pression nécessaire pour équilibrer les résistances.

Connaissant la pression initiale de la vapeur, la longueur de la course et la pression finale requise, on peut déterminer le point d'interception par la relation entre le volume et la pression.

En supposant que la pression initiale de la vapeur soit 20 livres au pouce carré, au-dessus d'un vacuum parfait, que la course du piston soit de 4 pieds, que l'arrière pression soit de 3 livres au pouce carré, et que le frottement absorbe aussi 2 livres au pouce carré, quel est le point le plus court de la course où la vapeur puisse être interceptée ?

$3+2=5$ livres, résistance.

Ainsi la pression finale doit être de 5 livres.

La pression initiale de la vapeur étant de20 livres, et devant se dilater jusqu'à 5 livres, son volume sera $20 \div 5 = 4$.

Ainsi la vapeur doit être interceptée au quart de la course ; et comme la course a 4 pieds de longueur, l'interception doit se faire à 1 pied du commencement.

L'exemple suivant est une application du principe énoncé dans cet article.

Prenons deux machines désignées par No 1 et No 2. Le No 1 est une machine à haute pression, à 105 livres indiquées au manomètre, et la vapeur est interceptée au quart de la course. Le No 2 est une machine à basse pression, à 20 livres, et la vapeur est interceptée à demi-course. La température de l'alimentation est de 100° dans les deux cas.

L'arrière-pression dans la machine à condenseur est de 2 livres au pouce carré, et le frottement est de 2.5 livres au pouce carré dans chacune des deux machines.

Laquelle des deux déploiera le plus grand effet mécanique pour l'évaporation d'un pied cube d'eau, et combien le No 1 requerra-t-il de livres de combustible pour évaporer l'eau, si le No 2 en consomme 10 livres ?

No 1

1.38....effet mécanique durant l'expansion.

$(1+1.38)\times120\div4=71.4$ pression moyenne.

Mais comme la vapeur s'échappe dans l'atmosphère, et que le frottement est 2.5 livres au pouce carré, nous aurons :

$71.4-15-2.5=53,9$ livres....pression moyenne effective de la machine No 1.

No 2

0.69....effet mécanique durant l'expansion.

$1+0.69=1.69$

$1.69\times35\div2=29.575$....pression moyenne.

En soustrayant l'arrière-pression et le frottement, nous aurons :

$29.575-2-2.5=25,075$....pression moyenne effective de la machine No 2.

Supposons maintenant que la vapeur agisse, dans les deux cas, dans un cylindre d'un pouce carré, et que la course soit d'un pied.

No 1

Comme le volume de vapeur à 105 livres de pression est 251 fois plus grand que le volume d'eau qui l'a produite, un pied cube, ou plutôt 1728 pouces cubes d'eau produiront $1728\times251=$ 433 728 pouces cubes de vapeur.

La vapeur étant interceptée au quart de la course, 3 pouces cubes de vapeur seront employés à chaque coup du piston, et le nombre de coups de la machine No 1 sera égal à $433\,728\div3=144\,576$.

La pression moyenne, multipliée par la distance en pieds parcourue par le piston, sera l'effet mécanique :

$144\,576\times1=144\,576$

$144\,576\times53.9=7\,792\,646.4$....effet mécanique.

No 2

Les volumes relatifs de la vapeur et de l'eau sont 767 et 1 ; un pied cube, ou plutôt 1728 pouces cubes d'eau, produiront 1728 × 767 = 1 325 376 pouces cubes de vapeur.

Dans le cas présent, la vapeur est interceptée à la moitié de la course ; il y a donc 6 pouces cubes de vapeur pour chaque coup du piston ; ainsi

1 325 376 ÷ 6 = 220 896. . . . nombre de coups.
220 896 × 25.075 = 5 538 967.2. . . . effet mécanique.

Désignons par 1 l'effet mécanique de la machine No 2 ; celui de la machine No 1 sera 1.406.

7 792 646.4 ÷ 5 538 967.2 = 1.406
Gain pour cent du No 1 :
0.406 × 100 = 40.6

Cherchons maintenant la quantité de combustible requise pour le No 1.

La chaleur totale de la vapeur du No 2, est 1193°,45, et la chaleur de l'alimentation étant 100°, on a :
1193.45—100 = 1093°45 de chaleur à communiquer à un pied cube d'eau par la consommation de 10 livres de combustible.

La chaleur totale de la vapeur de la machine No 1 est 1219.36 ; et 1219.36—100 donne 1119.36 de chaleur à communiquer à un pied cube d'eau.

S'il faut 10 livres de charbon dans le premier cas, établissons la proportion :

1093°.45 : 1119.36 : : 10 : x. . . . 10.237
ou 1119.36 × 10 ÷ 1093.45 = 10.237 livres.

La règle suivante enseigne la manière de trouver la pression moyenne de la course, lorsque la vapeur est dilatée.

Règle.—Divisez la longueur de la course par la distance dans laquelle la vapeur a été admise ; le quotient exprimera la dilatation relative.

Prenez dans la table ci-annexée le multiplicateur correspondant à ce nombre, et multipliez-le par la pression initiale, ou la pression de la vapeur en livres au pouce carré, au moment de son entrée dans le cylindre ; le produit sera la moyenne.

Table des multiplicateurs

Expansion relative.	Multiplicateur	Expansion relative.	Multiplicateur	Expansion relative.	Multiplicateur	Expansion relative.	Multiplicateur
1	1.0000	2	.8466	3	.6995	4	.5966
1.1	.9957	2.1	.8295	3.1	.6875	4.1	.5880
1.2	.9853	2.2	.8129	3.2	.6760	4.2	.5798
1.3	.9710	2.3	.7969	3.3	.6648	4.3	.5718
1.4	.9546	2.4	.7814	3 4	.6540	4.4	.5640
1.5	.9370	2.5	.7665	3.5	.6436	4.5	.5564
1.6	.9188	2.6	.7521	3.6	.6336	4.6	.5491
1.7	.9004	2.7	,7382	3.7	.6239	4.7	.5420
1.8	.8821	2.8	.7249	3.8	.6145	4.8	.5351
1.9	.8641	2.9	.7120	3.9	.6054	4.9	.5284

Cette table dispense de l'usage des logarithmes hyperboliques; et les logarithmes hyperboliques peuvent être eux-mêmes obtenus par le moyen de la table.

Règle.—Multipliez la pression moyenne obtenue avec ces nombres par l'expansion relative, dans la première colonne, et divisez par la pression initiale correspondante ; le quotient moins 1 sera le logarithme hyperbolique.

Calorifères

Dans les machines à basse pression, la vapeur est condensée (en s'échappant), soit par un jet d'eau comme dans le condenseur ordinaire à jet, soit en passant par un faisceau de petits tubes en laiton refroidis par un courant d'eau ; c'est ce qu'on nomme condenseur à surface.

Quand un condenseur à jet est employé, l'alimentation de la chaudière par cette eau (déjà chaude), dans un bateau allant à la mer, amène l'introduction d'une eau salée dans la chaudière; mais avec un condenseur à surface et bien étanche, toute l'eau douce provenant de la condensation est conservée pure, et renvoyée continuellement à la chaudière.

Par ce moyen, presque toute l'alimentation se fait à l'eau douce, et ne nécessite que très peu de changement d'eau pour entretenir le degré de saturation ou la densité voulue.

En calculant la perte de chaleur qu'entraîne le changement répété de l'eau des chaudières, on peut trouver le gain résultant de l'usage des condenseurs à surface, en supposant que le tout soit parfaitement étanche, et que toute la vapeur passant par les cylindres soit condensée.

La méthode suivante de calcul sert à montrer la perte résultant de la quantité d'eau échangée.

Le nombre de degrés de chaleur qui doivent être communiqués à l'eau pour la changer en vapeur, égale le nombre total des degrés de chaleur de la vapeur, moins le nombre de degrés de l'eau d'alimentation.

La chaleur perdue sera la différence entre la température de l'eau d'alimentation, et la chaleur sensible de la vapeur.

En comparant cette perte avec le total de la chaleur communiquée à la vapeur, laquelle est en même temps celle de l'eau éjectée, nous aurons le percentage de perte.

Ex. 1—Quel est le percentage de perte en changeant l'eau, si l'on tient la saturation à $\frac{3}{32}$, avec une pression de 20 livres, et l'alimentation à 110° ?

Pour tenir la saturation à $\frac{3}{32}$, c'est deux fois la quantité échangée qui est convertie en vapeur.

Chaleur sensible de la vapeur 260°

Chaleur totale 1183.45

1183.45—100=1083°.45 de chaleur à communiquer à l'eau pour la changer en vapeur.

Mais comme deux fois la quantité échangée est convertie en vapeur, on a :

1083°.45 × 2=2166°.9....degrés effectifs pour chaque valeur de (260°.—110) ou 150° de chaleur perdus par l'échange de l'eau.

2166°.9 + 150°=2316.9....quantité totale de chaleur communiquée à l'eau.

Ainsi (100 × 150°) ÷ 2316.9=6.47 pour cent de perte de chaleur en changeant l'eau.

Ex. 2--Quel est le percentage de perte de chaleur, en tenant la saturation à $1\frac{3}{4}/33$, les autres nombres restant les mêmes que dans l'exemple précédent ?

Ici il n'y a que les $\frac{3}{4}$ de la quantité échangée qui soient convertis en vapeur.

1083°.9 × $\frac{3}{4}$=812°.58....degrés effectifs pour chaque valeur de 150° perdus en échangeant l'eau.

812°.58 + 150°=962°.58....chaleur totale à communiquer à l'eau.

(100 × 150°) ÷ 962°.58=15.58 pour cent de chaleur perdue, en changeant l'eau de la chaudière.

La meilleure méthode, pour opérer l'échange de l'eau, est d'employer un robinet destiné à cet usage, placé à quelques pouces audessous du niveau de l'eau dans la chaudière, et tenu partiellement ouvert pour maintenir la saturation de l'eau au degré voulu ; conséquemment, l'alimentation doit être augmentée en proportion, afin que l'eau soit maintenue au même niveau.

Cette méthode d'échange continuel, a pour effet de garder la saturation constante tant que la machine est en marche.

Dans un bon nombre de machines, l'eau ainsi changée passe par une série de tubes que l'on nomme calorifères, communique en passant une partie de sa chaleur à l'alimentation, et par là même diminue sensiblement la perte de chaleur, et par suite la perte de

combustible, puisque la quantité de chaleur à communiquer à l'eau dans la chaudière est moins grande que si la température de l'alimentation était plus basse.

Exercice.—Trouvez le gain pour cent de chaleur épargnée dans les deux exemples précédents, en supposant que la température de l'alimentation soit de 160° au lieu de 100° ?

1er Exemple

Quand la température de l'alimentation est de 160°, et le degré de saturation $\frac{2}{32}$, on a :

1193.45 — 160 = 1033.45   1033.45 × 2 = 2066.9....chaleur communiquée à deux parties d'eau changées eu vapeur.

260°—160° = 100°....chaleur communiquée à l'eau échangée.

2066°,9 + 100 = 2166°,9....chaleur totale communiquée à l'eau.

2316°9—2166°,9 = 150°....gain par l'usage du colorifère.

100 × 150 ÷ 2 316.9 = 6.47 pour cent.

2e Exemple.

Quand la saturation est à 1¾/33 :

(1033.45 – 60) × ¾ = 775.08....chaleur communiquée aux ¾ d'une partie de l'eau changée en vapeur.

260—160 = 100....chaleur communiquée à l'eau échangée.

775°,08 + 100° = 875°,08....chaleur totale communiquée à l'eau.

962°.58—875°,08 = 87.5....gain par l'usage du calorifère.

100 × 87,5 ÷ 962.58 = 9.09 pour cent de gain.

En pratique, le gain réalisé sur mer par l'usage de condenseurs à surface n'est pas aussi grand que l'indique le résultat théorique.

Il est impossible d'avoir des condenseurs parfaitement étanches ; ils perdent plus ou moins, et l'eau salée s'introduit en proportion de la perte, avec l'eau de condensation. De plus l'eau évaporée ue peut être conservée tout entière, et il devient nécessaire d'y ajouter de temps en temps de l'eau salée pour suppléer à ces pertes.

CONDENSEUR

Les condenseurs à surface sont plus lourds et occupent plus d'espace que les condenseurs à jet, ils sont aussi plus coûteux, et nécessitent de fréquentes réparations ; le vacuum obtenu n'est généralement pas aussi bon que dans les condenseurs à jets.

L'expérience prouve aussi que les condenseurs à surface favorisent beaucoup la corrosion intérieure des chaudières.

Malgré tous ces inconvénients, leurs avantages sous un autre rapport sont tels, qu'ils ont été grandement mis en usage. Ceux qui ont obtenu le plus de succès ont été ceux de Pirrson et Swell, où la vapeur de l'échappement passe par un grand nombre de petits tubes, et est condensée par un jet d'eau froide tombant sur ces tubes. Il y a deux pompes au service de ces condenseurs, l'une pour l'eau condensée, et l'autre pour l'eau injectée, de manière

qu'il y a *vacuum* à l'intérieur et à l'extérieur des tubes ; il y a aussi communication entre le côté de l'eau condensée et le côté de l'eau salée, de telle sorte que le *vacuum* est égal dans les deux parties du condenseur. Ces tubes sont arrêtés dans un de leurs chassis, et laissés libres dans l'autre, qui est double, avec un diaphragme de caoutchouc entre deux. Par ce moyen les tubes peuvent se dilater sans produire des fuites.

QUANTITÉ D'INJECTION

Avant de quitter le sujet des condenseurs, nous considérerons la quantité d'eau requise pour condenser la vapeur à une température donnée.

L'eau injectée, en entrant dans le condenseur, augmente en température par suite de son contact avec la vapeur ; en même temps, la température de la vapeur diminue, toute sa chaleur latente devient sensible au thermomètre.

Il s'agit de trouver la quantité d'eau nécessaire pour absorber la chaleur latente de la vapeur.

Ex.—Quel est le rapport entre l'eau injectée et l'eau de la condensation, la chaleur totale de la vapeur en entrant dans le condenseur étant de 1188,09, la température de l'eau injectée 60°, et la température après la condensation devant être 110° ?

La température après la condensation doit être 110°, donc 1188,09° — 110°, ou 1078,09 est la chaleur transmise à l'eau injectée; mais une partie de l'eau de la vapeur condensée doit aussi avoir 110—60, ou 50°, quantité de chaleur que l'eau injectée doit absorber. Donc, la quantité qui reçoit 1078,09 de chaleur sera 1078.09 ÷ 50, ou 21.56 fois le volume de l'eau de la vapeur condensée.

Lorsqu'un bateau fait une voie d'eau un peu considérable, l'eau nécessaire à l'injection peut être prise dans la cale même, ce qui aidera à l'action des pompes d'épuisement.

L'exemple suivant sert à montrer combien d'eau l'on peut retirer par ce moyen.

Ex.—Combien de pieds cubes d'eau peuvent être retirés de la cale d'un vaisseau par l'injection de cale, dans les circonstances suivantes : diamètre du cylindre 60 pouces, longueur de la course 10 pieds, révolutions par minute 16, pression de la vapeur 25 livres au manomètre ; la vapeur interceptée aux $\frac{3}{4}$ de la course, température de l'eau de cale 70°, température de l'éjection 95° ?

19.635 pieds carrés....aire du piston.

19.635 × 7.5.... $\frac{3}{4}$ de la course.... 145,26 pieds;

Volume de vapeur pour chaque coup de piston :

145.26 × 32 = 4647.39 pieds cubes de vapeur par minute.

4647.39 × 60 = 278 843.4 pieds cubes de vapeur par heure.

A poids égal, le volume de la vapeur égale 679 fois le volume de l'eau, la vapeur étant à une pression de 25 livres.

Donc 278 843.4 ÷ 679 = 410.7 pieds cubes d'eau évaporés par heure,

1195.84....chaleur totale de la vapeur.

1195.84 - 95 = 1100.84....chaleur transmise à l'eau d'injection.

95 - 70=25....Chaleur transmise à une partie de l'eau injectée.

1100.84 - 25=44.04....quantité relative d'eau injectée pour produire une partie d'eau condensée.

Donc, 410.7 × 44.04=18 087.23 pieds cubes d'eau qui peuvent être retirés de la cale dans une heure.

18 087.23 × 62.5 ÷ 2240=504.66 tonnes.

Règles approximatives

L'aire effective de la surface condensante égale la surface chauffée de la chaudière multipliée par 0,7.

Les tubes sont en cuivre ou en laiton.

Diamètre extérieur des tubes, $\frac{5}{8}$ pouce.

Longueur, de 5 à 10 pieds.

Nombre de pieds carrés de surface condensante, par force nominale : environ 13 pieds carrés.

Eau requise pour condenser

Environ 0.8 pieds cubes, ou 5 gallons par minute pour chaque force nominale de cheval.

Ou un tonneau d'eau par heure pour chaque force nominale, pour les condenseurs à jet.

LE TIROIR

Un tiroir à trois lumières, dans sa forme la plus simple, est représenté par la figure 63. La position du tiroir ainsi représentée, est celle qu'il doit avoir quand le piston est à une des extrémités de la course. Quand le piston commence à avancer, le tiroir, qui reçoit son mouvement de l'excentrique, avance aussi, dans la direction de celle du piston (selon la quantité de recouvrement qu'il peut avoir); si le mouvement se fait à droite, la lumière A se découvre, et la vapeur s'introduit dans un bout du cylindre ; dans le même temps la lumière B s'ouvre, et communique avec la lumière de l'échappement C, par la partie concave en dessous du tiroir, et la vapeur du bout opposé du cylindre s'échappe par ce passage.

Lorsque le tiroir aura avancé d'une distance égale à la largeur de la lumière A (le piston sera au milieu de sa course), son mouvement changera de direction pour le ramener à sa première position ; alors la lumière A sera fermée, et le piston sera à la fin de la course ; le tiroir continuant sa marche, ouvrira la lumière B à son tour, et en même temps la lumière A communiquera avec l'échappement C.

Fig. 63



Il est évident que lorsqu'un tiroir n'a pas de recouvrement ses mouvements sont à angle droit avec ceux du piston, le tiroir

est à la moitié de sa course lorsque le piston est à la fin de la sienne, et *vice versa*.

Pour ajuster l'excentrique d'un engin à action directe, on place la ligne du centre de l'excentrique et du centre de l'axe, à angle droit avec la ligne du centre de l'axe et du centre du poignet.

Lorsque l'articulation est directe, de l'excentrique à la tige du tiroir, la course de l'excentrique est égale à deux fois la largeur des lumières de prise, et la face du tiroir est égale à la largeur des lumières.

Avec un tiroir ajusté de cette manière, la vapeur ne sera admise que quand la manivelle sera sur son centre; cependant il est nécessaire d'admettre la vapeur un peu avant la fin de la course ; cela s'opère facilement en tournant l'excentrique sur son axe. C'est ce qu'on appelle *avance du tiroir*. Ainsi lorsqu'on ouvre la lumière de prise d'un seizième de pouce, quand la manivelle est sur le centre, on dit que le tiroir a un seizième d'avance à contre-vapeur.

Mais en ouvrant la lumière A, on ouvre aussi la lumière B à l'échappement, et cette ouverture s'appelle l'avance à l'échappement.

Si l'on désire fermer la lumière de prise avant la fin de la course, il faut alors allonger la face du tiroir, ou y agrandir le recouvrement. En ce cas, la course du tiroir doit être augmentée du double du recouvrement extérieur.

Mais s'il y a un excès de recouvrement, il est évident que l'échappement aura lieu à un point peu avancé de la course, et pour compenser l'échappement prématuré, il faut donner au tiroir un recouvrement intérieur à son mauvais côté, puisqu'il ferme trop tôt la lumière de l'échappement ; car la vapeur renfermée dans le cylindre est refoulée par le piston, et se comprime dans l'espace libre qui reste derrière le piston et dans le conduit de la lumière, comme on peut le voir en traçant l'action géométrique du tiroir (Figure 64).

Disons que AB est égale à la course du piston ; la course du tiroir étant trois fois la largeur de la lumière de prise.

Sur AB traçons une circonférence égale à celle que décrit le poignet de la manivelle. Divisons cette circonférence en un nombre pair de parties égales, et menons, par les points de division, des perpendiculaires à AB.

Nous pourrons ainsi déterminer les positions du piston correspondant avec celles de la manivelle à tous ces points.

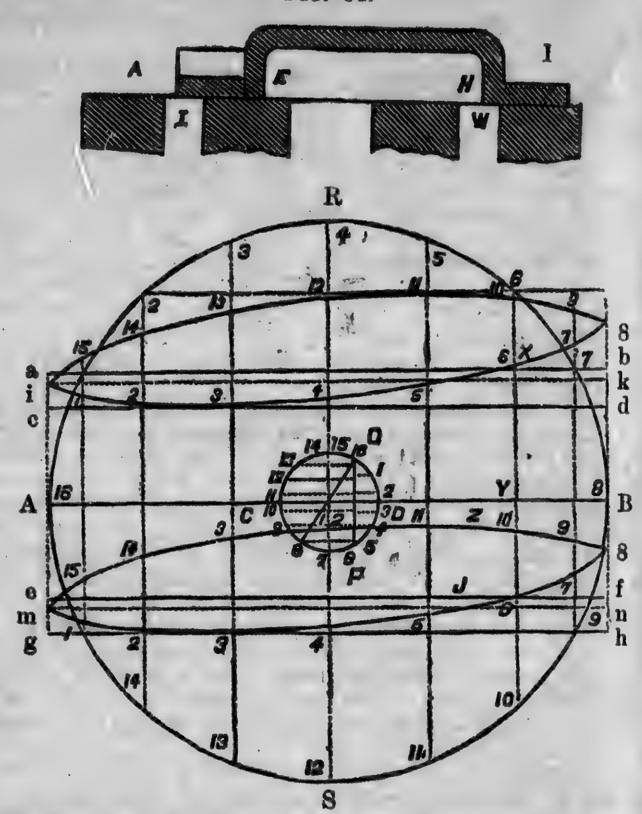
Du même centre *t*, de la circonférence ARBS, traçons la circonférence CD égale en diamètre à la course du tiroir ; cette circonférence représente le parcours de l'excentrique dans une révolution de la manivelle.

La ligne A*t* représente la position de la manivelle sur le centre ; si le tiroir n'avait ni recouvrement ni avance, la ligne du centre de l'extentrique et de l'axe serait dans la direction de *Rt*, perpendiculairement à A*t*. Mais dans le cas présent, il y a recouvrement et avance ; alors portons la distance *tu*, égale à l'avance et au recouvrement, et en *u*, élevons une droite OP parallèle à *Rt;* du point *O*. où cette ligne rencontre la circonférence, menons une ligne O8 passant par le centre *t;* la ligne *t*O représentera la position



de l'exentrique lorsque la manivelle est sur son centre A; quand la manivelle sera sur le centre opposé B, la position de l'excentrique sera en t8. Divisons la circonférence COP en un même nombre de parties égales que ARBS ; de tous ces points de division menons des lignes perpendiculaires à OP.

FIG. 64.



Les longueurs de ces perpendiculaires montrent les distances dont le tiroir aura avancé ou reculé, à tous les points de la course du piston.

AB, centre de la lumière de l'échappement.

Les lignes *ab* et *cd* réprésentent la largeur d'une lumière de prise ; *ef* et *gh* répréssen tent l'autre ; *ai* est égale à l'avance à contre-vapeur.

La ligne *ik* est celle qui représente le point où commence le trajet du tiroir, c'est de cette ligne que l'on doit porter les autres mesures du trajet du tiroir.

Lorsque le piston aura avancé de la distance A1, le centre de l'excentrique aura avancé de la distance O1 ; portons la distance perpendiculaire du point 1 à OP, au-dessous de *ik*, sur la perpendiculaire No 1 du grand cercle ; de même lorsque le piston aura

avancé de la distance A2, le tiroir aura avancé de la distance de 2 à OP ; et cette distance, portée au-dessous de *ik* sur la seconde perpendiculaire, sera un autre point du trajet du tiroir ; en portant tous ces points sur les perpendiculaires correspondantes, nous pourrons déterminer les positions du tiroir à tous les points de la course du piston, pendant une révolution de la manivelle.

Il faut remarquer que toutes les distances à droite de OP doivent être portées au-dessous de la ligne *ik*, et les distances à gauche de OP doivent être portées au-dessus de la ligne *ik*.

La quantité de recouvrement intérieur n'est pas encore déterminée, mais cela devient facile, puisque nous avons le trajet du tiroir complètement représenté.

Quand la manivelle est en B, le tiroir se trouve en P; si la face du tiroir était 1 fois $\frac{1}{2}$ la largeur de la lumière de prise, toute la largeur de la lumière de prise du bout opposé serait ouverte à l'échappement. Ainsi il faut ajouter le recouvrement intérieur, en y ajoutant les $\frac{5}{8}$ de la largeur de la lumière ; cela déterminera la distance EH à l'intérieur du tiroir, et l'avance à l'échappement sera égale à la différence entre les $\frac{5}{8}$ et la $\frac{1}{2}$ de la largeur de la lumière.

Par le courbe AiP, nous pouvons trouver la position du tiroir à tous les points de la course. Lorsque le piston aura avancé de la distance Aq, le tiroir sera en *v*. Quand il est en Y, point où la ligne de la courbe coupe la ligne AB, la lumière se trouve complètement fermée, et le reste de la course se termine par la dilatation de la vapeur de *Z* à B.

Maintenant trouvons les positions du tiroir en rapport avec l'échappement. Soit la distance *em* égale à l'avance intérieure ; alors la ligne *mn* sera la ligne d'où les distances devront être portées, mais en sens contraire ; les plus longues, ou celles qui sont à la gauche de OP, doivent être portées au-dessus de la ligne *mn*, et les autres au-dessous.

Par cette courbe, la lumière se trouve fermée à l'échappement en J, et le piston est rendu en X ; alors se trouve renfermée dans le cylindre, une certaine quantité de vapeur qui souvent atteint une pression même plus grande que la pression motrice ; c'est un des inconvénients d'un fort recouvrement intérieur.

Le passage à l'échappement ne doit jamais être fermé avant les $\frac{3}{4}$ de la course.

Dans la manière ordinaire d'ajuster les tiroirs, les mécaniciens alloueut de $\frac{1}{16}$ à $\frac{1}{4}$ de pouce d'avance à contre-vapeur, suivant les dimensions de la machine et le nombre de révolutions, et cela est considéré comme suffisant pour obtenir une marche régulière et sans secousse. Lorsqu'une machine est en mouvement, si le mécanicien entend une secousse, il a immédiatement recours à la clef de serrage et au marteau ; il serre toutes les parties qu'il suppose avoir pris du jeu, et comme il a lui-même ajusté les tiroirs, en donnant $\frac{1}{8}$ ou $\frac{1}{4}$ de pouce d'avance à contre-vapeur, il sait que le dérangement ne vient pas de ce côté. Alors les pièces s'échauffent par l'excès de serrage, il faut une abondance d'huile, de suif et même de l'eau ; souvent cet échauffement occasionne la détérioration des coussinets et des axes.

Un indicateur, appliqué dans ces circonstances, accuserait un manque d'avance à contre-vapeur, mais comme le mécanicien a lui-même ajusté les tiroirs, il conclura que c'est l'indicateur qui est en défaut.

Cependant, en examinant toutes choses de près, on trouvera, huit fois sur dix, que c'est le manque d'avance à contre-vapeur qui fait défaut.

La méthode suivante, enseignée par un mécanicien distingué, M. J.-H. Long, de la marine américaine, a donné de bons résultats dans presque tous les cas.

Dans les grandes machines à vapeur, on alloue $\frac{1}{8}$ de pouce pour le jeu de l'axe dans ses coussinets, et $\frac{1}{16}$ de pouce pour chaque joint ou articulation entre l'excentrique et le tiroir ; alors, s'il y a six articulations, en allouant $\frac{1}{16}$ de pouce pour chacune, cela fait pour l'axe $\frac{3}{8}$ et $\frac{1}{8}$, soit $\frac{1}{2}$ pouce, à quoi on ajoute $\frac{1}{16}$ d'avance à contre-vapeur.

Le tiroir ajusté se trouve avoir $\frac{9}{16}$ d'avance apparente, mais lorsque la machine est en marche, $\frac{1}{2}$ pouce de cette avance se perd par le jeu des pièces.

Les tiroirs ajustés d'après cette méthode donnent un mouvement régulier, et la machine n'éprouve aucune résistance à passer sur les centres ; il n'y a ni secousses ni tremblement. L'indicateur prouve que cette théorie est correcte.

Une chose qui promet de si bons résultats mérite au moins d'être essayée.

Pour trouver la position de l'excentrique en rapport avec la manivelle:

Règle.—Du centre de l'axe, tracez un cercle égal en diamètre à la course du tiroir ; si l'articulation est directe, portez du côté opposé au poignet, sur la ligne du centre, une distance égale au recouvrement et à l'avance ; par ce point, élevez une perpendiculaire à la ligne du centre de l'axe et du poignet ; une droite menée du centre de l'axe au point d'intersection sera la position de l'excentrique, comme dans la figure 65.

Avec une articulation directe, l'excentrique est toujours en avant de la manivelle, c'est-à-dire dans le sens de sa marche.

Avec l'articulation indirecte, l'excentrique est toujours en arrière de la manivelle (voir la figure 66).

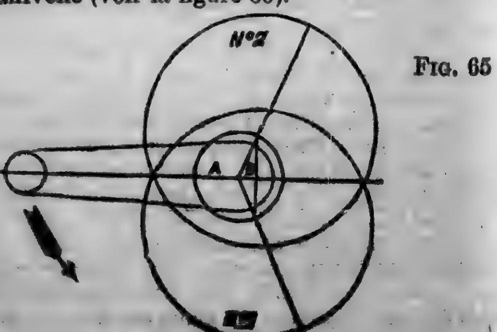


Fig. 65

Figure 65.—Le recouvrement extérieur et l'avance à contre-vapeur AB, sont portés du côté opposé au poignet ; les deux excentriques sont représentés sur la figure ; l'excentrique No 1 est celui qui doit servir lorsque la manivelle marche dans le sens de la flèche, et le No 2 lorsque la manivelle marche dans le sens contraire ; le tout lorsque les articulations sont directes.

Fig. 66

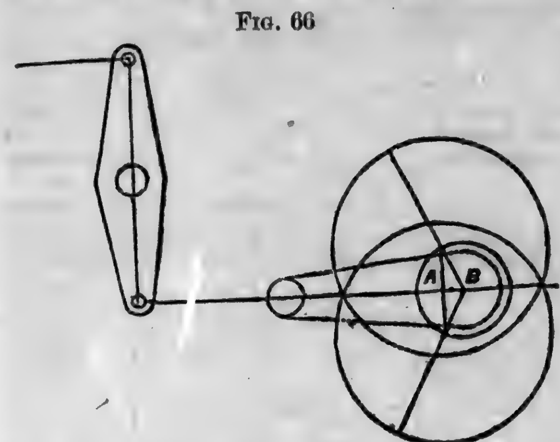


Figure 66.—Le recouvrement et l'avance à contre-vapeur sont portés du côté du poignet, parce que, dans ce cas, le mouvement du tiroir est l'opposé de celui de l'excentrique ; c'est ce qu'on nomme articulation indirecte. La distance entre le centre de l'axe et le centre de l'excentrique est la moitié de la course du tiroir.

Méthode simple pour ajuster les excentriques sur les axes

Règle. 2.—Placez d'abord le poignet de la manivelle perpendiculairement avec l'axe ; pour arriver à ce but, tracez une circonférence du centre de l'axe avec un diamètre égal au diamètre du poignet ; ensuite placez un fil à plomb sur le poignet, et élevez le poignet jusqu'à ce que le fil coïncide avec la circonférence tracée du centre de l'axe ; ce sera la position perpendiculaire désirée.

Préparez une règle droite à bords paralèlles, d'environ 4 pouces de large, et du haut de cette règle portez en descendant la quantité de recouvrement et d'avance requise ; du milieu de la longueur de la règle, comme centre commun, avec un compas ouvert de la moitié de la course du tiroir, portez cette distance des deux côtés du centre commun du haut de la règle sur la ligne de l'avance. Ces deux points sont les centres des excentriques.

De chacun de ces points, tracez les diamètres des excentriques, et en dernier lieu portez le rayon de l'axe de chaque côté du centre commun (voir la figure 67).

Fig. 67

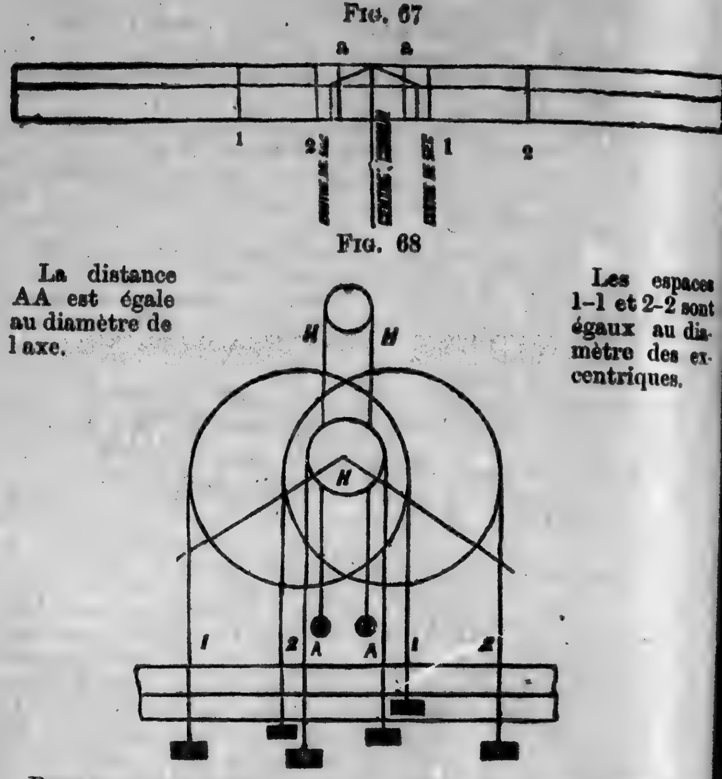


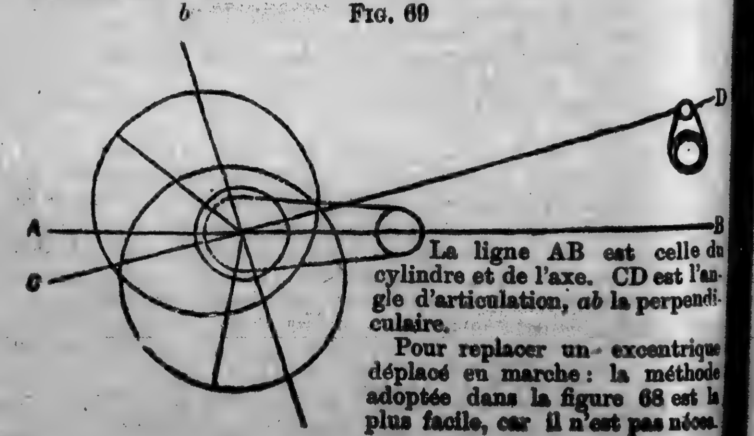
Fig. 68

La distance AA est égale au diamètre de l axe.

Les espaces 1-1 et 2-2 sont égaux au diamètre des excentriques.

Pour trouver la position de l'excentrique lorsque la tige d'articulation se trouve à l'angle avec la ligne du centre comme dans la figure 69 :

Fig. 69



La ligne AB est celle du cylindre et de l'axe. CD est l'angle d'articulation, *ab* la perpendiculaire.

Pour replacer un excentrique déplacé en marche : la méthode adoptée dans la figure 68 est la plus facile, car il n'est pas néces-

saire d'ouvrir la boîte du tiroir ; on peut toujours retrouver la position par l'autre excentrique, en plaçant le dehors de l'excentrique dérangé à la même distance de l'axe que l'autre.

Point d'interception

Pour trouver le point d'interception, étant donnés le recouvrement extérieur, l'avance à contre-vapeur, la course du tiroir, et la course du piston :

Règle.—Ajoutez au double du recouvrement, l'avance à contre-vapeur, divisez le résultat par la course du tiroir ; le quotient, élevé au carré, et multiplié par la course du piston, sera la distance de l'extrémité de la course au point d'interception.

Ex. 1.—A quelle distance de la course la vapeur sera-t-elle interceptée, si le recouvrement est de 2 pouces $\frac{1}{4}$, l'avance à contre-vapeur $\frac{1}{8}$ de pouce, la course du tiroir 7 pouces, la course du piston 30 pouces ?

$$\left(\frac{2r+a}{t}\right)^2 \times C = x \quad 2\tfrac{1}{4}+2\tfrac{1}{4}+\tfrac{1}{8}=4,625$$

$$\frac{4,625}{7}=0,6607$$

$0,6607^2 \times 30 = 13,0963$ pouces de la fin de la course

Ex. 2.—A quelle distance la vapeur sera-t-elle interceptée, la course du tiroir étant de 9 pouces, l'avance $\frac{1}{8}$, le reccuvrement 3 pouces, la course du piston 60 pouces ?

$$3+3+\tfrac{1}{8}=6\tfrac{1}{8}=6,125$$
$$(6,125 \div 9)^2 \times 60 = 27,79 \text{ pouces}$$

Pour trouver la distance sous laquelle la vapeur s'est dilatée : Soustrayez le produit ainsi trouvé de la course du piston ; la différence sera la réponse.

Ex. Prenons le dernier cas ; $60 - 27,79 = 32,21$

$$\begin{array}{r} 60,00 \\ 27,79 \\ \hline 32,21 \end{array}$$

Ex. 1.—Avec un tiroir d'une course de 9 pouces, le recouvrement $2\frac{1}{4}$ pouces, l'avance à contre-vapeur $\frac{1}{8}$, l'avance intérieure $\frac{3}{16}$ pouce ; quelle est l'ouverture de l'échappement à la fin de la course du piston ?

Distance de la position du milieu plus l'avance $2\frac{1}{4}+\frac{1}{8}=2\frac{3}{8}$

Distance ouverte à l'échappement $2\frac{3}{8}-\frac{3}{16}=2\frac{3}{16}$

Ex. 2.—Quelle est l'ouverture à l'échappement d'un tiroir de 8 pouces de course, le recouvrement extérieur étant $2\frac{1}{8}$ pouces, l'avance à contre-vapeur $\frac{1}{4}$ de pouce, et l'avance intérieure $\frac{1}{8}$ pouce ?

Distance de la position du milieu plus l'avance....$2\frac{1}{2}+\frac{1}{4}=2\frac{3}{4}$
Distance ouverte à l'échappement....$2\frac{3}{4}-\frac{1}{8}=2\frac{5}{8}$

Dans les cas précédents, on suppose que l'interception est la même aux deux bouts ; cependant, quoique le recouvrement et l'avance à contre-vapeur soient réglés également aux deux bouts, il y a une différence entre les distances des bouts aux points d'interception, et cela est dû à la longueur de la bielle. Plus la bielle est longue moins est grande la différence, et *vice versâ*.

La bielle ne doit pas être moindre de deux fois la course.

Ex. 1—Soit la course d'un piston de 36 pouces, la longueur de la bielle 6 pieds 2 pouces, la vapeur étant interceptée à 12 pouces du bas du cylindre ; quelle est la distance du centre de la tête du piston au centre de l'axe ? Le recouvrement et l'avance étant les mêmes aux deux bouts, à quelle distance la vapeur sera-t-elle interceptée, le piston descendant ?

Course....36 pouces	Demi-course 18 pouces
Interception....12....a	Interception 12 "
Différence....24....b	Piston baissé....6

$$\frac{a\times b}{c}\text{....différence}$$

Bielle....6 pi. 2 po
Piston baissé 6 po
5 pi 8 po = 68 po....c

$$\frac{12\times 24}{68}=4.23$$

Interception du haut....$12+4.23=16\frac{1}{4}$ pouces

Ex. 2.—Soit la course d'un piston de 46 pouces, la vapeur interceptée à 22 pouces en bas, l'avance et le recouvrement les mêmes aux deux bouts, longueur de la bielle 8 pieds ; à quelle distance la vapeur sera-t-elle interceptée au bout d'en haut ?

Course 46	Demi-course 23
Interception 22....a	Interception....22
différence 24....b	piston baissé.... 1

Bielle 8 pi 0 po
Baisse 1
c....7 pi 11 po = 95 pcs

$24\times 22\div 95=27{,}55$ pouces du haut

NOTE

sur la construction des chaudières à vapeur

Il est évident qu'une chaudière bien construite et faite de bons matériaux, doit avoir, en fait de résistance à la pression, un avantage sur une chaudière qui ne possède pas les qualités susdites ; le travail peut être bien exécuté, sur de bons matériaux, mais si les proportions exigées sont négligées, ainsi que d'autres petits détails qui paraissent de peu d'importance, une chaudière bonne en apparence ne le sera pas de fait.

En vertu d'une loi sanctionnée le 17 Mai 1882, le Bureau d'Inspection ordonne ce qui suit, d'où résultera une grande économie pour ceux qui font construire des chaudières :

" Quand une chaudière cylindrique ou toute partie cylindrique " d'une chaudière est faite avec les meilleurs matériaux, que les " trous des rivets sont percés lorsque les tôles sont assemblées, et " que tous les joints sont butés et ajustés avec doubles couvre- " joints, l'épaisseur de chaque pièce n'étant pas moindre des " cinq huitièmes ($\frac{5}{8}$) de l'épaisseur de la tôle qu'ils recouvrent, " tous les joints ayant au moins deux rangs de rivets, et présen- " tant au moins 75 pour cent plus de force qu'un simple joint, et " surtout si la chaudière n'a pas été ouverte à l'inspection durant " tout le temps de sa construction ; alors l'inspecteur prendra " cinq (5) pour *facteur de sûreté.* "

" La ténacité de la tôle de fer sera prise pour 60 000 livres au " pouce carré de section, sur le sens de la fibre, et 50 000 livres sur " le travers. Si les conditions susmentionnés n'ont pas été sui- " vies en tous points, alors il faudra ajouter au facteur 5 les " quantités mentionnées dans le tableau suivant, selon les circons- " tances de chaque cas.

" A. 0.15—cette valeur doit être ajoutée lorsque tous les trous " des rivets dans les joints sur la longueur sont bons et d'accord, " et que les trous ont été percés après le roulage, les tôles étant " séparées.

" B. 0,3—Cette valeur doit être ajoutée lorsque tous les trous " dans les joints sur la longueur sont bons et d'accord, mais " qu'ils ont été percés avant le roulage de la tôle.

" C. 0.3—Cette valeur doit être ajoutée lorsque tous les trous " dans les joints sur la longueur sont bons et d'accord, mais qu'ils " ont été poinçonnés après le roulage.

" D. 0.5—Cette valeur doit être ajoutée lorsque tous les trous " dans les joints sur la longueur sont bons et d'accord, mais " qu'ils ont été poinçonnés avant le roulage.

" E* 0.75—Cette valeur doit être ajoutée lorsque tous les trous " dans les joints sur la longueur ne sont pas bons et d'accord.

" F. 0.1—Cette valeur doit être ajoutée si tous les trous dans " les joints de la circonférence sont bons et d'accord, mais s'ils " ont été percés après le roulage et les tôles étant séparées.

" G. 0.15—Cette valeur doit être ajoutée si tous les trous dans " les joints de la circonférence sont bons et d'accord, mais s'ils " ont été percés avant le roulage.

" H. 0,15—Cette valeur doit être ajoutée si tous les trous dans " les joints de la circonférence sont bons et d'accord, mais s'ils " ont été poinçonnés après le roulage.

" L. 0.2—Cette valeur doit être ajoutée si tous les trous dans " les joints de la circonférence sont bons et d'accord, mais s'ils " ont été poinçonnés avant le roulage.

" J* 0.2—Cette valeur doit être ajoutée si tous les trous dans " les joints de la circonférence ne sont pas bons et d'accord.

" K. 0.2—Cette valeur doit être ajoutée si les joints sur la lon- " gueur sont croisés, ou s'ils n'ont pas deux couvre-joints, et si ces " joints sont rivetés à double rang de rivets.

" L. 0.1—Cette valeur doit être ajoutée si les joints sur la lon- " gueur n'ont pas deux couvre-joints, et si ces joints sont croisés " et rivetés à triple rang de rivets.

" M.0.3—Cette valeur doit être ajoutée si les joints sur la lon- " gueur n'ont qu'un couvre-joint, et sont rivetés à double rang.

" N.0.15—Cette valeur doit être ajoutée si les joints sur la lon- " gueur n'ont qu'un couvre-joint, et sont rivetés à triple rang.

" O.1.0—Cette valeur doit être ajoutée pour tous les joints sur " la longueur qui n'ont qu'un seul rang de rivets.

" P. 0.1—Cette valeur doit être ajoutée si les joints de la cir- " conférence n'ont qu'un couvre-joint, à triple rang de rivets.

" Q. 0,2—Cette valeur doit être ajoutée si les joints de la cir- " conférence n'ont qu'un couvre-joint, à un seul rang de rivets.

" R. 0.1—Cette valeur doit être ajoutée si les joints de la cir- " conférence ont deux couvre-joints, à un seul rang de rivets.

" S. 0.1—Cette valeur doit être ajoutée si les joints de la cir- " conférence sont croisés, et rivetés à triple rang de rivets.

" T. 0.2—Cette valeur doit être ajoutée si les joints de la cir- " conférence sont croisés, et n'ont qu'un seul rang de rivets.

" U. 0.25—Cette valeur doit être ajoutée quand les joints de la " circonférence sont croisés, et que les joints sur la longueur ne " sont pas tout à fait au-dessus ou au-dessous.

" V. 0.3—Cette valeur doit être ajoutée lorsque la chaudière " est chauffée par les deux bouts, ou lorsquelle est d'une lon- " gueur extraordinaire, telle qu'une chaudière à carneaux, et " lorsque les joints de la circonférence sont ajustés de la manière " indiquée plus haut aux paragraphes P, R, S. Mais si les joints " de la circonférence sont dans les conditions mentionnées aux " paragraphes A et T, l'indication V 0.3 devient V 0.4.

" W* 0.4—Cette valeur doit être ajoutée lorsque les joints ne " sont pas parfaitement croisés.

" X* 0.4—Cette valeur doit être ajoutée lorsque la qualité du " fer est douteuse, et que l'inspecteur n'est pas satisfait de cette " qualité.

" Y. 1.0—Cette valeur doit être ajoutée si la chaudière n'a pas " été ouverte à l'inspection durant tout le temps de sa construc- " tion."

NOTA * Le Bureau de Commerce d'Angleterre estime la ténasité du fer à 47 000 livres par pouce carré de section.

Règle pour trouver la force des joints :

“ 1—Le pas, diminué du diamètre du rivet, multiplié par 100, et divisé par le pas, donne le percentage de la force des rivets comparée avec la force de la tôle solide.

“ 2—L'aire des rivets, multipliée par le nombre de rangs de rivets multiplié par 100, et ce produit divisé par le pas multipliée par l'épaisseur de la tôle, donne le percentage de la force des rivets, comparée avec la force de la tôle solide.

“ Dans les paragraphes marqués *, le nombre à ajouter peut être augmenté à la discrétion de l'inspecteur, si la main-d'œuvre ou la qualité des matériaux ne sont pas satisfaisantes ou paraissent douteuses.

“ Lorsque les tôles sont croisées, ou que les joints sont couverts par un couvre-joint, les rivets sont exposés à être coupés entre les deux fers, ce que l'on exprime par simple coupe ; mais lorsque les tôles sont entre deux couvre-joints, alors les rivets sont exposés à être coupés à deux endroits, par la pression tendant à séparer les pièces ; les rivets sont donc exposés à une double coupe. Aussi, lorsque les rivets sont exposés à une double coupe, le percentage de force trouvé par la formule précédente, doit être multiplié par 1.75.

“ En prenant la ténacité de fer à 60 000 livres au pouce carré de section, on doit prendre le plus petit percentage ainsi trouvé pour la force résistante du joint, et ensuite adopter le facteur de sûreté tel qu'il se trouve dans le tableau précédent.

“ (60 000 × percentage de force du joint) × deux fois l'épaisseur de la tôle, en pouces, et ce produit divisé par le diamètre intérieur de la chaudière en pouces × le facteur de sûreté, donnera la pression allouée au pouce carré sur les soupapes de sûreté.

“ Lorsque le perçage des tôles a lieu quand elles sont assemblées, elles doivent être séparées pour qu'on puisse ôter le morfil qui se fait au bord du trou, en le fraisant légèrement.

“ On ne doit pas se servir de fer en barre pour faire des couvre-joints ; ils doivent être pris dans de la tôle d'une qualité au moins égale à celle de la partie cylindrique du corps de la chaudière ; et pour faire les couvre-joints longitudinaux (ou dans le sens de la longueur de la chaudière), la tôle doit être coupée sur le travers de la fibre.

“ Les trous de rivets dans les couvre-joints peuvent être percés au foret ou poinçonnés, selon que les tôles sont percées ou poinçonnées ; et ils doivent être légèrement fraisés comme les tôles.

“ Lorsque les couvre-joints sont simples, avec les trous poinçonnés, ils doivent être un huitième plus épais que la tôle qu'ils recouvrent.

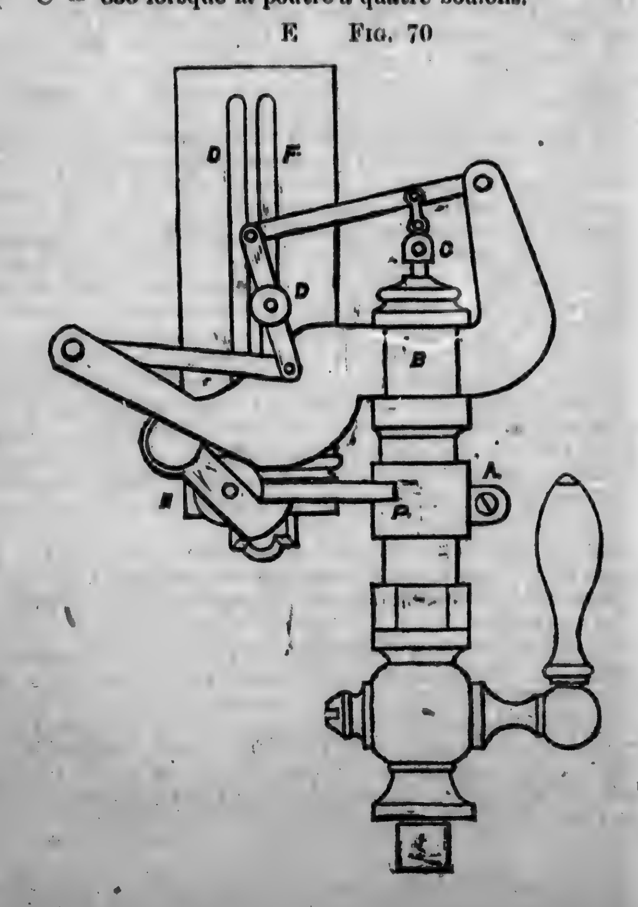
“ Le diamètre des rivets ne doit pas être moindre que l'épaisseur de la tôle du corps de la chaudière ; mais lorsque les tôles sont minces, et que les joints sont croisés, ou qu'il n'y a qu'un seul couvre-joint, le diamètre des rivets doit excéder l'épaisseur des tôles.

"Les parties planes d'une chaudière soumises à une pression
"extérieure, telles que le ciel du fourneau, ou la boîte à fu-
"mée, ou chambre à la combustion, doivent être supportées par
"des poutres rectangulaires, et pour trouver la pression de sû-
"reté allouable sur ces poutres, la formule suivante nous est
"donnée :

$$\frac{C \times h^2 \times E}{(W - P)D \times L} \quad \text{ou} \quad \frac{Ch^2E}{(W - P)DL}$$

" W....Largeur, en pouces, de la surface à supporter.
" P....Distance en pouces entre les boulons de support.
" D....Distance de centre en centre entre les poutres.
" L....Longueur des poutres en pieds.
" E....Epaisseur des poutres en pouces.
" h....Hauteur des poutres en pouces.
" C = 500 lorsque la poutre n'a qu'un boulon au milieu.
" C = 750 lorsque la poutre a deux ou trois boulons.
" C = 850 lorsque la poutre a quatre boulons.

E Fig. 70



Indicateur de pression.

L'*indicateur* est un petit instrument, dont tout mécanicien en charge d'une machine à vapeur doit connaître l'usage ; cet instrument est temporairement appliqué aux cylindres pour enregistrer la pression aux différents points de la course du piston ; il a aussi l'avantage de pouvoir révéler tous les secrets ou les défauts de l'intérieur, comme tiroirs mal réglés, perte de vapeur par les tiroirs, fuite du côté du *vacuum*, etc.

Sa construction est très simple : c'est un petit cylindre renfermant un piston à frottement doux, attaché à un ressort à boudin.

Ce petit cylindre est mis en communication avec les deux bouts du cylindre de la machine alternativement, par des robinets spéciaux, et quelquefois avec la chaudière même.

Plus la pression est grande plus le ressort est comprimé.

La course due à l'élasticité du ressort étant très limitée, les pressions sont prises sur des échelles graduées suivant l'élasticité du ressort en usage ; si une pression de 10 lbs au pouce carré comprime le ressort d'un pouce, alors 1 pouce sera l'échelle de 10 lbs tant que ce ressort sera en usage ; ou si une pression de 30 lbs comprime le ressort d'un pouce, alors 1 pouce sera l'échelle de 30 lbs pour ce ressort.

Les indicateurs de *Richard* ont ordinairement 10 ressorts que l'on peut appliquer à discrétion : le No 1, pour mesurer les pressions de 15 livres et au-dessous, depuis la pression atmosphérique augmentée de 10 livres ; le No 2, de -15 à $+22\frac{1}{2}$ livres ; le No 3, de -15 à $+35$ livres ; le No 5, de -15 à $+60$ livres ; le No 6, de -15 à $+80$ livres, etc.

Il faut avoir soin, en appliquant l'indicateur, de ne pas faire entrer le tuyau de prise trop loin dans le gros cylindre.

L'instrument porte un cylindre ou rouleau OF, sur lequel on ajuste un papier qui doit recevoir l'indication graphique du travail de la vapeur. La tête C du piston est articulée à un parallélogramme qui porte un crayon en D ; son mouvement est parallèle à celui du piston ; le cylindre E reçoit son mouvement d'une partie du balancier des pompes, par une corde passant sur des poulies, pour lui donner le mouvement réciproque.

Maintenant supposons l'instrument en place prêt à fonctionner, le crayon étant mis en contact avec le papier ; supposons que le cylindre porteur du papier fasse deux ou trois tours ; le crayon tracera une ligne droite, cette ligne est la ligne de la pression atmosphérique.

Ensuite retirons le crayon, et admettons la vapeur, soit du haut soit du bas du cylindre, par un des robinets, laissons la machine fonctionner quelques minutes pour réchauffer le cylindre, et constatons le travail ; fermons le robinet, et approchons de nouveau le crayon du papier ; l'instrument est alors prêt à servir.

Le robinet d'arrivée de la vapeur étant ouvert de nouveau, la vapeur agit également sur les deux pistons ; et quand la vapeur est interceptée, l'effet produit sur le piston de l'indicateur est le même que sur le gros piston, et au retour de la course, le *vacuum* du gros cylindre est communiqué à l'indicateur, le ressort réagit, et force le piston à descendre au-dessous de la ligne atmosphérique, à un point correspondant à l'arrière-pression du gros piston.

Lorsqu'on admet la vapeur, le crayon trace une ligne perpendiculaire, et le porte-papier, mis en mouvement par la corde, fait passer le papier sous le crayon, qui trace une ligne droite montrant toute la force de la vapeur.

Mais après que la vapeur est interceptée la force décroît, le ressort réagit, et le crayon trace une ligne montrant la décroissance de la pression jusqu'à la fin de la course.

Quand la course est terminée, la vapeur s'est échappée dans le condenseur, le crayon est au bas de la carte, et le porte-papier commence son évolution contraire ; alors le crayon trace la ligne du *vacuum* en sens contraire de la ligne de la vapeur ; le tiroir ayant fermé la lumière, le crayon laissé libre remonte à sa hauteur primitive, prêt à recommencer.

Si le tiroir n'avait ni avance ni recouvrement, si le *vacuum* était parfait, ainsi que le fonctionnement de la machine (théoriquement), le diagramme serait le rectangle ABCD (fig. 71). EF serait la ligne atmosphérique, tracée quand tous les robinets sont fermés, et DC la ligne du *vacuum* ou vide parfait ; AD serait la ligne de réception, AB la ligne de la vapeur, BC la ligne de l'échappement.

Si le tiroir avait de l'avance à contre-vapeur, la ligne de réception serait dans la direction *a*A ; si le tiroir avait de l'avance à l'échappement, la ligne de l'échappement serait dans la direction C*g* au lieu de BC.

La lumière de l'échappement est souvent fermée avant la fin de la course, pour produire une compression compensatrice au jeu des pièces ; ce résultat est mis en dividence par l'hyperbole *bc*. Si le tiroir ouvrait trop tard, la ligne de réception serait dans la direction D*e*, et si l'échappement ouvrait trop tard, la ligne serait B*p*.

Ce nombre de lignes dans un seul diagramme est un cas extraordinaire, elles ne sont mises ici que dans le but d'en montrer le principe et le sens.

En pratique, la ligne du *vacuum* d'un diagramme serait *os*, et la distance perpendiculaire entre cette ligne et celle du *vacuum* parfait est égale à l'arrière-pression.

Diagramme théorique

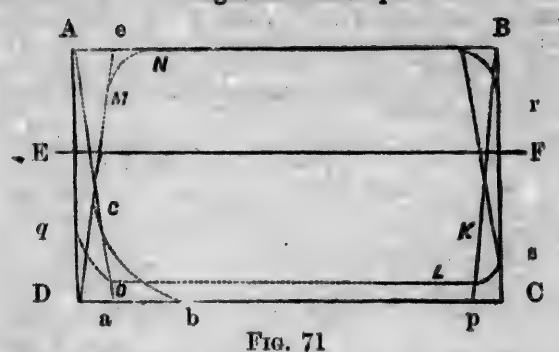


Fig. 71

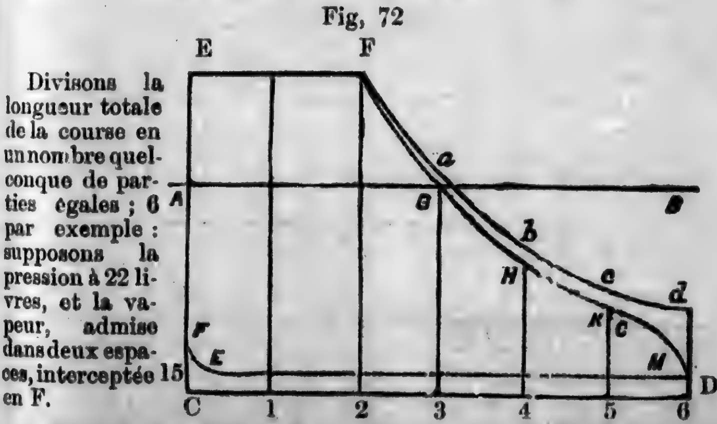
Si le tiroir est bien réglé, le coin A sera carré ou à angle droit, pourvu que les passages soient d'une grandeur suffisante : le coin B est un peu arrondi depuis le point ou commence l'échappement jusqu'en *g* ; le coin *s* doit être carré ou à peu près. A*grso* représente un bon diagramme, pour une machine sans détente.

Dans les machines à détente, la courbe théorique de l'expansion est une hyperbole. La méthode pour former la courbe a été enseignée dans le chapitre de l'expansion (Fig. 60) ; cependant la suivante sera très utile, en rapport avec les diagrammes d'indicateurs.

Dans la figure 72, AB est la ligne atmosphérique, CD la ligne du vacuum parfait, CE la ligne de réception, EF la ligne de la vapeur ; la vapeur est interceptée en F ; alors le crayon trace la ligne hyperbolique F*abcd*, qui est la ligne de l'expansion. Cette ligne est ici tracée suivant la loi de Mariotte.

Fig, 72

Divisons la longueur totale de la course en un nombre quelconque de parties égales ; 6 par exemple : supposons la pression à 22 livres, et la vapeur, admise dans deux espaces, interceptée en F.



Lorsque la vapeur sera au troisième espace, le volume sera les 3/2 du volume primitif, et la pression aura diminué en proportion, et sera les 2/3 de 22, ou 14 livres 2/3 ; à la quatrième division, le volume sera double, et la pression sera la ½ de 22, ou 11

livres. A la cinquième division, le volume sera les 5/2 du premier, et la pression sera 2/5 de 22, ou 8 livres 4/5, et ainsi de suite.

Par les points ainsi trouvés, traçons la ligne F*abcd*. La figure EF*abcd*DC renferme le diagramme théorique pris d'une machine portant 7 livres de pression au manomètre, la vapeur étant interceptée au ⅓ de la course.

La courbe tracée par l'indicateur est généralement au-dessous de la courbe théorique ; cela est dû à la dilatation de la vapeur dans les passages et dans l'espace libre ; mais si elle est beaucoup plus basse, c'est l'indice qu'il y a fuite de vapeur autour du piston ou à l'échappement.

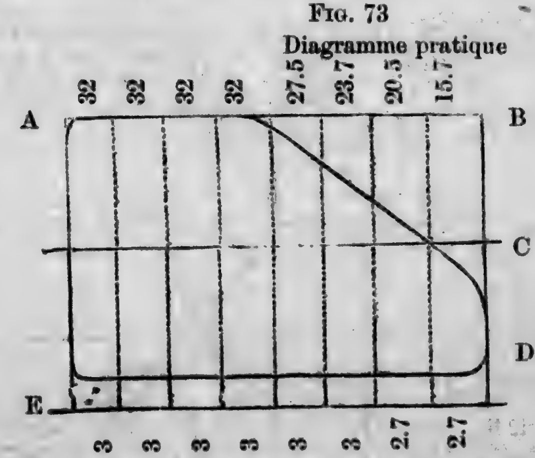
Si la courbe pratique était au-dessus de la courbe théorique, alors il y aurait fuite de vapeur par le tiroir puisque la vapeur s'introduirait dans le cylindre après la fermeture supposée du tiroir.

Dans un diagramme pris d'une machine à haute pression, tout le tracé serait au-dessus de la ligne atmosphérique, la distance entre la ligne de l'échappement et la ligne atmosphérique serait égale à l'arrière-pression causée par la résistance de l'atmosphère, par la vapeur comprimée dans le cylindre, et par le défaut de liberté dans l'échappement.

De toutes les qualités de l'indicateur, la plus importante est la facilité qu'il fournit de trouver la pression moyenne de la vapeur durant la course du piston.

Fig. 73

Diagramme pratique



Ex.—ABCDE (figure 73) représente un diagramme sur lequel nous nous proposons de trouver la moyenne de la pression. Divisons la ligne atmosphérique en un nombre quelconque de parties égales, élevons des perpendiculaires aux divers points de division. Ensuite mesurons, avec une échelle, la pression effective entre les perpendiculaires. (1)

(1) Nota. Les échelles annexées aux indicateurs sont ordinairement divisées en *dixièmes* ; mais on peut diviser à volonté.

En mesurant entre les deux premières perpendiculaires, nous trouvons 32 livres; mais l'arrière-pression est de 3 livres, donc nous n'avons que 29 livres de pression effective. En mesurant entre toutes les perpendiculaires nous aurons, $29+29+29+29+24.5+20.7+17.8+13 \div 8 = 24$, moyenne de la pression effective au pouce carré sur le piston.

La pression moyenne de l'autre bout du cylindre doit aussi être prise en considération, pour qu'on puisse avoir la moyenne du tout ; s'il y a une différence, on prend la moyenne des deux résultats En faisant le calcul, il faut ajouter à la longueur de la course, l'espace libre dans lequel la vapeur se dilate comme dans le reste du cylindre.

Maintenant, supposons que ce diagramme soit pris d'un cylindre de 60 pouces de diamètre, et de 10 pieds de course, la manivelle faisant 20 révolutions par minute.

L'aire du piston $= 2827{,}4 \times 24$; pression moyenne.... 67 857,6 livres.

Comme la vitesse est de 20 révolutions par minute, la distance parcourue par le piston sera $10 \times 2 \times 20$ ou 400 pieds. Donc, le pouvoir déployé par la machine est égal à $67\,857{,}6 \times 400 = 27\,143\,040$ livres à un pied de haut par minute, et la force en chevaux est $27\,143\,040 \div 33\,000 = 822{,}5$.

Pour avoir le pouvoir effectif, il faut soustraire de la pression moyenne, la pression nécessaire pour équilibrer les frottements ; ou bien, trouver le pouvoir absorbé par les résistances passives, et le soustraire du total.

Ex.—Si 2 livres $\frac{1}{2}$ sont absorbées par les frottements, alors, $2827{,}4 \times 2{,}5 \times 400 \div 33\,000 = 85{,}7$ chevaux.

Le pouvoir effectif en forces de chevaux est $822{,}5 - 85{,}7$ ou 736,8.

Le pouvoir d'une chaudière en forces de chevaux peut aussi être trouvé par un diagramme d'indicateur. Chaque pied cube d'eau évaporé par heure est considéré comme répondant à une puissance d'un cheval. Par le diagramme nous pouvons nous assurer du nombre de pieds cubes de vapeur passés par le cylindre dans une heure.

La manière ordinaire de calculer la puissance productive d'une chaudière, est de relever le nombre de livres d'eau évaporées par livre de combustible.

Ex.—Un cylindre a 63 pouces de diamètre ; on compte 3 pieds de course et 60 révolutions par minute ; l'espace libre à chaque bout du cylindre est de $\frac{1}{2}$ pouce ; 1500 livres de charbon sont consumées par heure ; la perte due à l'échange de l'eau est de 15 pour cent : combien de livres d'eau sont évaporées par livre de charbon consumé ?

La vapeur est interceptée au $\frac{1}{4}$ de la course avec une pression de 23 livres ; alors nous aurons, à chaque coup de piston, de la vapeur à la pression de 23 livres, emplissant $\frac{1}{4}$ du cylindre plus l'espace libre du bout. Or pour obtenir la pression finale il faut porter l'espace libre au delà de la course du piston, et continuer la ligne de l'expansion jusqu'à ce point ; dans le cas présent la pression finale est 4,0833 livres au-dessus d'un vacuum parfait ;

alors, à chaque coup du piston, nous avons un plein cylindre de vapeur plus la partie libre, à une pression de 5 livres.

En prenant pour base du calcul la fraction du cylindre pleine de vapeur, nous perdrons toute la vapeur que peut avoir laissée passer un mauvais tiroir. Dans le second cas, nous perdrons la vapeur condensée dans le cylindre, et qui a passé autour du piston, mais l'erreur qui en résulte n'est pas suffisante pour nuire à l'exactitude des conséquences que l'on peut déduire de l'examen d'un diagramme. Cependant la dernière méthode est la plus correcte. Dans tous les cas, il est impossible d'obtenir toute la vapeur produite, car la perte par les fuites ne peut être calculée.

Alors nous prendrons la pression finale pour cet exemple.

La quantité de vapeur passée à chaque coup du piston sera égale à la capacité du cylindre, plus l'espace libre.

21,647 × 4.0833 = 87,39 pieds cubes

Révolutions dans une heure :

60 × 2 × 60 = 7200 coups de piston

donc, 87,39 × 7200 = 629 208 pieds cubes de vapeur par heure. Le volume de vapeur relatif à l'eau à une pression de 5 livres, est de 4 769 ; 629 208 ÷ 4 769 = 131.93 pieds cubes d'eau évaporée par heure. Un pied cube d'eau salée pèse 64,3 livres ; 131,93 × 64,3 = 8 483,1 livres d'eau évaporées par heure.

Les 1500 livres de charbon consommées par heure évaporent cette eau et chauffent l'eau éjectée, mais on alloue 15 pour cent de perte pour l'eau éjectée :

1500—(1500 × 0,15) = 1275 livres de charbon pour évaporer 8 483,1 livres d'eau.

8 483,1 ÷ 1275 = 6,66 livres d'eau évaporées par une livre de charbon.

Ou par cet autre moyen : 1500 livres de charbon évaporent 8 483,1 livres d'eau ; alors une livre de charbon évaporera 8 483,1 ÷ 1500 ou 5,66 livres d'eau ; mais nous avons 15 pour cent de chaleur perdue, et 5,66 livres d'eau ne représentent que 85 pour cent de l'efficacité du charbon ; l'eau évaporée par livre de charbon égale 5,66 × 100 ÷ 85 = 6,66 livres.

Tiroir réglé par l'Indicateur

Les diagrammes suivants sont mal formés dans le but de faire ressortir les défauts, tels que : l'excentrique mal placé sur l'axe, les tiges des tiroirs de mauvaise longueur, le plus ou le moins d'avance à contre-vapeur, etc, etc ; mais ils ne montrent pas les erreurs causées par l'eau, ni par la vapeur condensée dans le cylindre, etc.

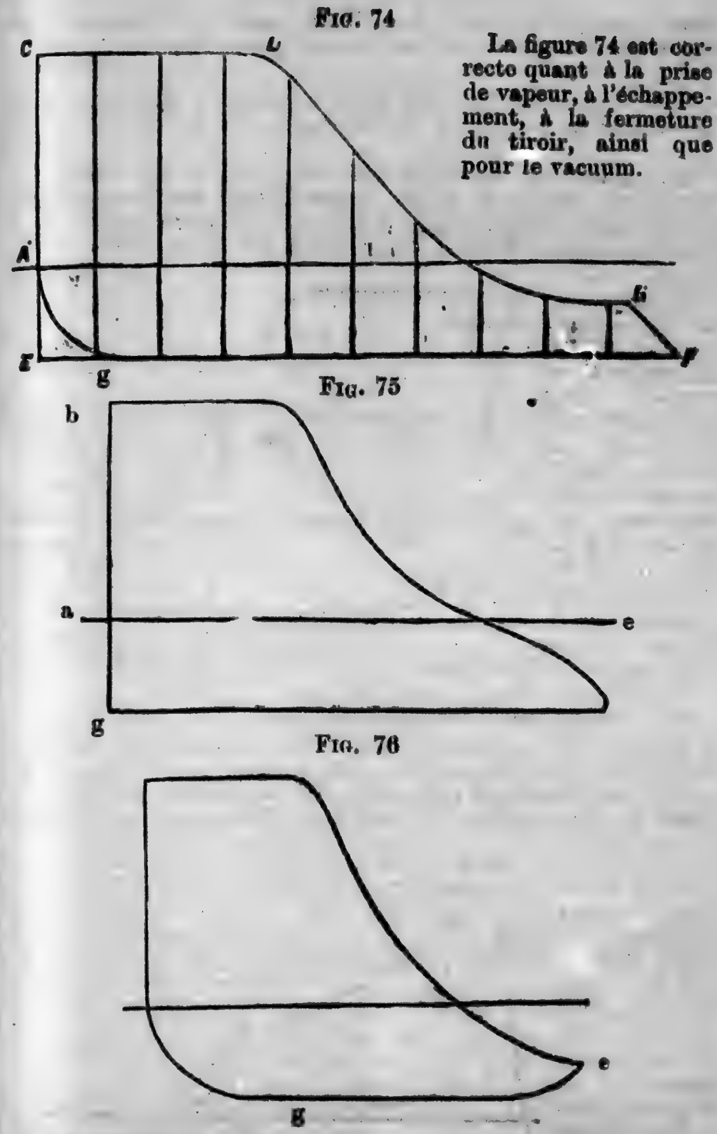


FIG. 74

La figure 74 est correcte quant à la prise de vapeur, à l'échappement, à la fermeture du tiroir, ainsi que pour le vacuum.

FIG. 75

FIG. 76

La figure 75 fait voir que l'échappement s'ouvre trop tôt, et ferme trop tard ; mais que l'avance à contre-vapeur est bien juste ; la figure 76 fait voir que l'échappement s'ouvre trop tard et ferme trop tôt ; en examinant la figure 74, on remarque que le point *g* se trouve plus à gauche que dans la figure 76 ; mais si le point *g* se trouvait beaucoup plus à gauche comme dans la figure 75, l'échap-

pement serait fermé trop tard ; il n'y aurait pas de compression, et il s'en suivrait une secousse à chaque coup de piston.

Dans le cas de la figure 75, il faut ajouter au tiroir du côté de l'échappement ; et dans le second cas, il faut lui ôter.

Si le point g est beaucoup plus sur la droite, la courbe de la compression rencontre la ligne atmosphérique avant la fin de la course ; alors la ligne de réception sera inclinée comme dans la figure 77, au lieu d'être verticale comme dans la figure 74.

Fig. 77

L'inclinaison de cette ligne formant un angle aigu, indique toujours trop d'avance à contre-vapeur, et comme l'échappement s'ouvre trop tard, cela indique que la tige de l'excentrique est trop courte, car le tiroir est trop bas dans une machine verticale.

Dans la figure 74, si le point g était plus sur la gauche, ou sur la dernière ligne, il n'y aurait pas de compression, et l'admission serait retardée en proportion, alors la ligne de réception serait inclinée en formant un angle obtus, et paraîtrait comme dans la figure 78, ce qui indique qu'il n'y a pas d'avance à contre-vapeur.

Dans la figure 79, le tout est trop tôt, c'est l'indice que l'excentrique est trop avancé sur l'axe ; il faut le reculer. Le trop d'avance à contre-vapeur a pour effet d'augmenter la compression,

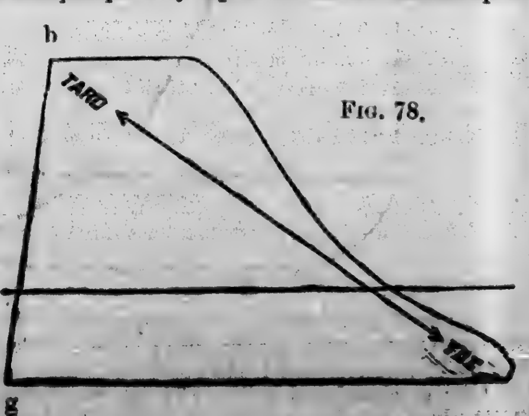


Fig. 78.

qui souvent dépasse la pression dans le cylindre, et fait sautiller les tiroirs sur leurs sièges.

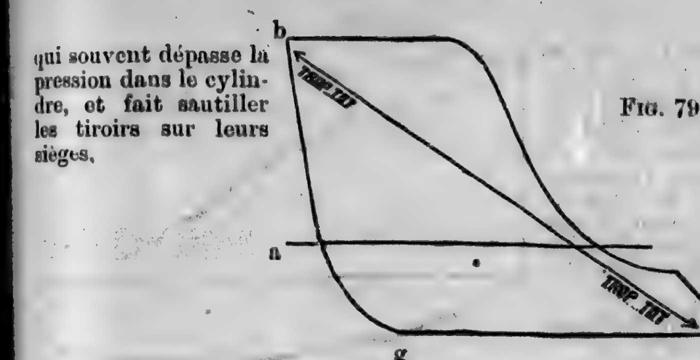


FIG. 79

Dans la figure 80, le tiroir ouvre trop tard au coin *b*; alors il n'y a point d'avance, l'échappement aussi, ouvre un peu tard; dans ce cas, il faut avancer l'excentrique sur l'axe.

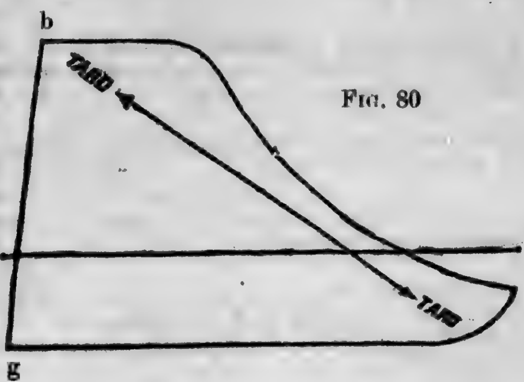


FIG. 80

Dans les figures 77 et 78, les erreurs sont corrigées par le moyen d'une cale; mais dans les figures 79 et 80 c'est l'excentrique qui a déterminé les erreurs.

Dans l'examen des diagrammes, la plus grande difficulté est de savoir auquel des deux moyens mentionnés on doit avoir recours pour rectifier les erreurs; soit les cales ou l'excentrique: pour surmonter cette difficulté, il suffit d'examiner les diagrammes qui ont des flèches: ces flèches pointent vers les ouvertures du tiroir, à gauche en haut, vers le point d'admission de la vapeur, et à droite en bas, vers l'ouverture à l'échappement. Dans les figures 77 et 78, une des lumières ouvre trop tôt, et l'autre trop tard, cela indique que c'est aux cales qu'il faut avoir recours. Dans la figure 79, les deux lumières s'ouvrent trop tôt, tandis que dans la figure 80, le tout est trop tard; alors c'est l'excentrique qui doit corriger ces erreurs.

Les irrégularités de la figure 81 servent à montrer les erreurs provenant de plusieurs autres causes.

La ligne ondulée entre *b* et *c* est causée par la réaction et le mauvais fonctionnement du ressort de l'indicateur; cela est dû à ce que l'indicateur n'était pas bien préparé, ou pas assez réchauffé.

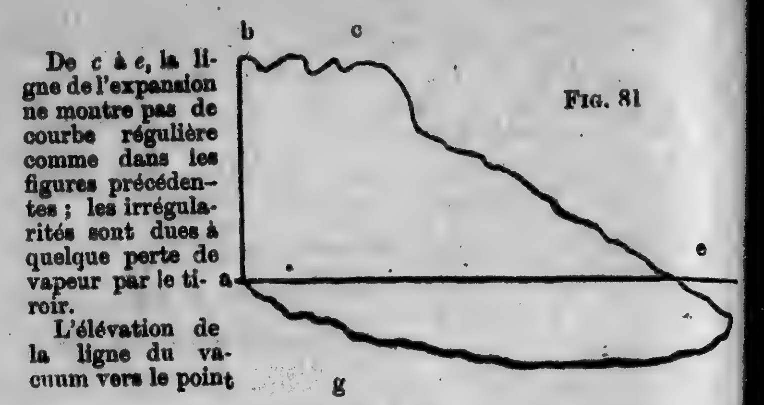


Fig. 81

De *c* à *e*, la ligne de l'expansion ne montre pas de courbe régulière comme dans les figures précédentes ; les irrégularités sont dues à quelque perte de vapeur par le tiroir.

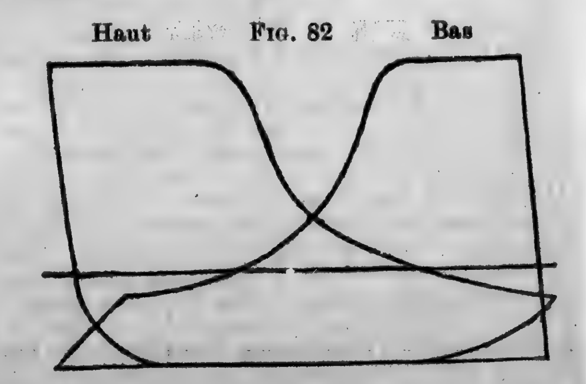
L'élévation de la ligne du vacuum vers le point *g*, indique que le condenseur est trop chaud ; soit par manque d'eau, soit parce que la pompe à air est en mauvais état, soit par suite d'une fuite quelque part.

Les nombreuses petites ondulations font voir que l'indicateur est malpropre.

Tous les diagrammes précédents sont supposés avoir été pris du haut d'un cylindre vertical.

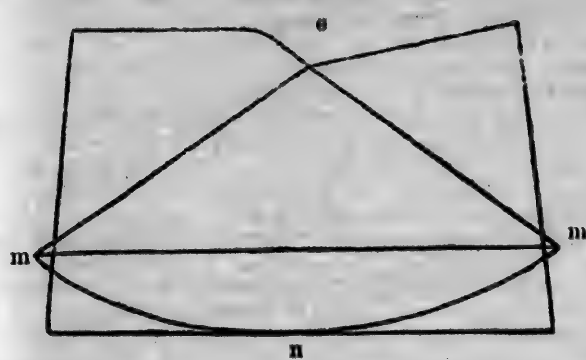
La figure 71 (page 227) montre deux diagrammes sur la même carte, mais vu que ce sont des diagrammes théoriques, qui n'indiquent aucun défaut particulier, nous donnons ici trois exemples à étudier.

Haut Fig. 82 Bas



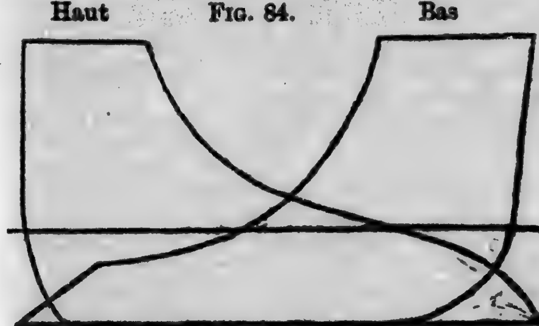
La figure 82 réprésente trop d'avance à contre-vapeur en haut et pas assez en bas ; il faut une cale au pied de la tige de l'excentrique. Comparons ceux-ci avec les figures 77 et 78.

Fig. 83



Dans la figure 83, toutes les ouvertures fonctionnent trop tard ; il faut avancer l'excentrique sur l'axe (voir Fig. 80). Le tiroir perd la vapeur. L'abaissement de *b* à *e* indique que la vapeur est étranglée au passage par la petitesse des conduits. Les deux courbes *mn* ont pour causes de difformité, l'ouverture tardive à l'échappement, pour une part, mais principalement le passage de l'échappement, qui est trop petit.

Haut Fig. 84. Bas



Dans le cas présent, l'avance à contre-vapeur est bien en haut, mais il y en a trop au bas ; alors il faut reculer l'excentrique sur l'axe pour la moitié de la différence, et ôter une cale pour l'autre moitié.

Relation du pouvoir avec la vitesse

La résistance qu'éprouve un vaisseau dans sa marche, est composée de la résistance de l'atmosphère et de celle de l'eau. Mais généralement la résistance de l'atmosphère n'est pas prise en considération, parce que les conditions en sont trop variées.

La résistance de l'eau est représentée par une loi constante : elle augmente en raison du carré de la vitesse du vaisseau.

Ce résultat est établi par l'expérience et par la théorie.

La théorie de la résistance de l'eau est que le pouvoir requis pour déplacer l'eau par un vaisseau varie suivant la vitesse : puisque la résistance est en raison du carré de la vitesse, pour une vitesse de 2 nœuds à l'heure, la résistance sera 4, et si la vitesse est augmentée de 1 nœud, la résistance sera 9.

Il faut remarquer que ces nombres réprésentent simplement les relations entre les résistances résultant des différentes vitesses d'un vaisseau ; mais ils ne disent rien de la résistance actuelle. La forme du vaisseau détermine la quantité de surface offrant résistance à l'eau : un vaisseau avec des lignes très fines à l'avant, offrira moins de résistance qu'un autre d'un déplacement égal au milieu, avec des lignes plus arrondies. Cependant, avec un vaisseau d'une forme quelconque, la résistance est en raison du carré de la vitesse. La densité de l'eau a aussi son influence. A l'eau salée un vaisseau éprouvera plus de résistance qu'à l'eau douce pour la même immersion ; mais comme la densité de l'eau douce est moins grande que celle de l'eau salée, l'immersion sera plus grande, à l'eau douce ; et pour le même vaisseau, la résistance à la marche sera la même.

La détermination de la section offrant résistance au passage dans l'eau, est plutôt du domaine du charpentier que du mécanicien ; c'est pourquoi nous nous occupons seulement des relations.

Maintenant considérons le pouvoir nécessaire pour augmenter la vitesse d'un vaissseau.

Les pouvoirs nécessaires pour produire deux vitessas données sont entre eux comme les cubes des vitesses ; ce fait est établi par l'expérience et par la théorie. L'augmentation de la vitesse du vaisseau nécessite une augmentation de pouvoir, en proportion directe de l'augmentation de la résistance ; mais la résistance croît en raison du carré de la vitesse ; alors le pouvoir total déployé par la machine est égal au total des résistances des vitesses, ce qui est en raison des cubes des vitesses.

Evidemment, si l'on double la vitesse d'un vaisseau, la résistance sera quatre fois aussi grande, et le pouvoir requis sera huit fois aussi grand que le premier pouvoir déployé.

Mais comme la consommation de combustible est en proportion du pouvoir déployé, il nous sera facile de trouver le pouvoir, ou le combustible nécessaire à une augmentation de vitesse, connaissant les conditions de la première vitesse.

Ex.—Supposons qu'un vaisseau consomme 25 tonnes de charbon par journée de 24 heures, en déployant un pouvoir de 500 chevaux, avec une vitesse de 9 nœuds : quelle sera la quantité de combustible, et quel sera le pouvoir requis, pour obtenir une vitesse de 11 nœuds ?

Suivant la loi constante, que les pouvoirs sont entre eux comme les cubes des vitesses, on a : $9^3 : 11^3 :: 500 : 912{,}9$.... forces de chevaux requises.

Et $9^3 : 11^3 :: 25 : 45{,}6$.... tonnes de charbon par jour.

En considérant la grande augmentation de pouvoir nécessaire pour obtenir une si petite augmentation de vitesse, il est évident qu'on produira beaucoup d'épargne en réduisant un peu la vi-

tesse. Ce point est d'une grande importance, et mérite une attention particulière ; les mécaniciens ne sauraient trop l'étudier.

Ex. 2.—Supposons qu'il soit nécessaire de réduire la consommation à 20 tonnes par jour ; quelle sera la différence de vitesse, en supposant que la vitesse actuelle soit de 12 nœuds à l'heure, avec une consommation de 30 tonnes par jour ?

Etablissons la proportion :

$$30 : 20 :: 12^3 : 10{,}5^3. \quad 12-10{,}5 \ldots 1{,}5 \text{ nœud.}$$

Donc la vitesse sera réduite de 1 nœud $\frac{1}{2}$, soit de $\frac{1}{8}$ de sa valeur primitive ; de plus, il y aura une épargne d'un tiers du combustible ou 33 pour cent.

Il est prouvé, par l'expérience, que, de deux vaisseaux de différentes grandeurs, construits sur un même modèle, avec des pouvoirs proportionnés à leurs grandeurs, le plus grand obtiendra une plus grande vitesse que l'autre ; l'augmentation de la vitesse semble varier comme la racine carrée de la longueur du vaisseau.

Ainsi prenons deux vaisseaux construits sur le même modèle, dont le plus grand a quatre fois la capacité et le pouvoir du petit, avec le double de la longueur, la différence des vitesses sera égale à la différence des racines carrées de 2 et de 1 ; la vitesse du plus grand sera 1 fois et $\frac{2}{5}$ celle du petit. Cette question étant d'une importance plus grande pour le constructeur que pour le mécanicien, nous lui laisserons ce sujet à étudier.

Lorsqu'un vaisseau marche contre un courant, sa vitesse doit être 1 fois $\frac{1}{2}$ celle du courant, pour que la vitesse effective soit la moitié de celle du courant.

Un vaisseau peut quelquefois dépasser de beaucoup cette vitesse, mais la théorie et l'expérience ont prouvé que c'est la vitesse la plus économique.

Comme nous avons vu que le pouvoir varie en raison du cube de la vitesse, alors le pouvoir requis sera égal au cube de la vitesse actuelle, divisé par la vitesse effective. Le but de la question est de réduire le pouvoir requis, à son minimum d'efficacité. Ce point est obtenu lorsque la vitesse du vaisseau est 1 fois $\frac{1}{2}$ celle du courant.

Ex.—Supposons qu'un vaisseau marche contre un courant de 6 nœuds à l'heure ; quelle doit être la vitesse du vaisseau pour déployer le moins de pouvoir possible ?

Il est évident, par la règle, que la vitesse sera de 9 nœuds. Par comparaison, essayons d'autres vitesses contre le même courant, et voyons laquelle exigera le moins de pouvoir.

$9-6=3\ldots$ vitesse effective du vaisseau.

Le pouvoir requis pour produire cette vitesse est le cube de 9 ou 729.

Pouvoir requis pour l'avance du vaisseau....$729 \div 3$ ou 243.

Pour une vitesse de 10 nœuds :

Pouvoir requis....$10^3 \div (10-6) = 250$

Pour une vitesse de 11 nœuds :

Pouvoir requis....$11^3 \div (11{,}6) = 266{,}2$

Donc, le pouvoir requis augmente pour toutes les vitesses au-dessus de 9 nœuds.

Essayons d'autres vitesses au-dessous de 9.

Pour une vitesse de 8 nœuds :

Pouvoir requis.....$8^3 \div (8-6) = 256$

Pour une vitesse de 7 nœuds :

Pouvoir requis.....$7^3 \div (7-6) = 343$

Ainsi, nous avons la preuve que la vitesse la plus économique contre un courant est 1 fois ½ la vitesse de ce courant.

Racine cubique

Nous avons évité autant que possible les calculs qui nécessitaient l'extraction de la racine cubique jusqu'à ce dernier article; mais, vu qu'il est impossible de s'en dispenser totalement, nous en donnons ici la règle.

1. Pour extraire la racine cubique d'un nombre, on le partage en tranches de trois chiffres, en allant de droite à gauche. Le nombre de ces tranches est exactement le même que celui des chiffres de la racine.

2. On cherche quel est le plus grand cube contenu dans la première tranche à gauche ; on écrit la racine, on en porte le cube sous la première tranche, et l'on soustrait.

3. A la droite du reste, on abaisse la seconde tranche, pour en former un dividende.

4. A la gauche et à distance, on écrit le triple du carré de la racine trouvée, et on y ajoute deux zéros à droite ; ce nombre est le diviseur.

5. On cherche combien de fois le dividende contient le diviseur, et on écrit ce chiffre à la droite de la racine déjà trouvée.

6. Pour compléter le diviseur, on ajoute, à la droite du triple de la racine, le dernier chiffre trouvé, et ce nombre, multiplié par le dernier chiffre, doit être ajouté au triple du carré augmenté de deux zéros ; la somme de ces nombres est le véritable diviseur.

7. On multiplie ce diviseur par le dernier chiffre de la racine, et on soustrait le produit du dividende ; s'il y a un reste on abaisse la tranche suivante à la droite de ce reste, pour former un nouveau dividende.

8. Pour préparer un nouveau diviseur, on ajoute deux zéros à la droite du triple du carré de la racine déjà trouvée, ensuite on complète le diviseur de la manière enseignée au No 6 ; et ainsi de suite, jusqu'à ce que toutes les tranches soient abaissées.

Mais si, après toutes les tranches abaissées, il y a un reste, et si l'on désire avoir des décimales, on abaisse trois zéros à chaque fois.

Ex. 1.—Quelle est la racine cubique de 157 464 ?

Le plus grand cube est 125,	157464(54
dont la racine est 5.	125
Triple carré de 5.....$5 \times 5 \times 3 = 7500$	———
	32464
	32464
	———

Triple de la racine....15, avec le dernier chiffre à droite, 154 × 4 = 616, + 7500 = 8116, × 4 = 32464
Donc la racine cubique est 54.

Ex. 2.—Quelle est la racine cubique de 12.326 391 ?

$2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$
$3^3 = 3 \times 3 \times 3 = 27$

Le nombre 12 étant entre 8 et 27, la racine cherchée est entre 2 et 3 ; c'est 2 et une fraction.

12.227 391(2.31
8
4.326 divisé par 1.200
4,167
159 391 divisé par 15.87
159 391
0

$2^2 \times 3 = 4 \times 3 = 12$......1.200
2 × 3 = 6 6 × 3 180
3^2. 9
1 389
× 3
4 167

2.3
2.3
69
4.6
5.29
× 3
15.87....15.8700
23 × 3........690
1^2.........1
15.9391
1
15.9391

Ex. 3.—Quelle est la racine cubique de 1 728 ?

1 728(12
1
0 728 divisé par 300
728
0

$$
\begin{array}{rrr}
1^2 \times 3 = 1 \times 3 & = 3 & 300 \\
1 \times 3 = 3 & 3 \times 2 = 6 & 60 \\
 & 2^2 \ldots\ldots & 4 \\
\hline
 & & 364 \\
 & \times & 2 \\
\hline
 & & 728
\end{array}
$$

La racine carrée de la racine carrée d'un nombre est la racine quatrième.

La racine carrée de la racine cubique d'un nombre est la racine sixième.

La racine cubique de la racine cubique d'un nombre est la racine neuvième.

Les autres racines s'obtiennent par le moyen des *logarithmes* : le plus souvent, c'est aussi par logarithmes que l'on obtient les racines cubiques et même les racines carrées.

REM. Les nombres 376 et 625 élevés au carré, au cube, ou à la quatrième puissance, donnent des résultats qui se terminent toujours par ces mêmes nombres. Il n'y a pas d'autres nombres qui jouissent de cette propriété ; on est encore à chercher la raison de cette singularité.

Erection d'une machine dans un bateau

Dans la construction d'un bateau à vapeur, toutes les dimensions nécessaires à l'érection de la machine à bord sont données au constructeur par le mécanicien.

Dans l'érection d'une machine à balancier le mécanicien érecteur doit d'abord vérifier les lignes placées par le constructeur : or pour vérifier ces lignes, voici la règle.

Une première ligne tendue sur le pont, du centre de l'étrave au centre de l'étambot, pour trouver le centre du vaisseau.

Une seconde ligne tendue à angle droit avec la première, représentant le centre des axes ; le niveau de cette ligne transversale est réglé sur le haut de chaque côté du vaisseau ; du point d'intersection de ces lignes, on descend jusque sur la carlingue, par une ligne perpendiculaire à la transversale, ce point correspond au centre de la largeur du vaisseau ; par ce point, sur la carlinque, on tend une autre ligne parallèle à la première, à distance illimitée, et aux deux extrémités de cette ligne, on place des points de repère pour future référence.

La ligne perpendiculaire sert à vérifier le niveau transversal des carlingues ; en dernier lieu on élève une ligne perpendiculaire au niveau longitudinal des carlingues, passant par le point d'intersection des deux premières lignes, et on place sur la carlingue un point de repère, qui est le centre de l'axe (en longueur). Ainsi les lignes sont vérifiées, et les points de départ fixés pour l'érection.

Maintenant plaçons les autres points nécessaires.

Le centre de l'axe étant placé le premier, le second point à

fixer est le centre du balancier, pour une machine dont le balancier est élevé ; or, pour trouver ce point, il faut diviser par 10 la hauteur de l'arc formé par la marche du balancier, et soustraire 6 de ces divisions de la moitié de la longueur du balancier ; le reste est égal à la distance du centre des axes au centre du balancier.

Fig. 89

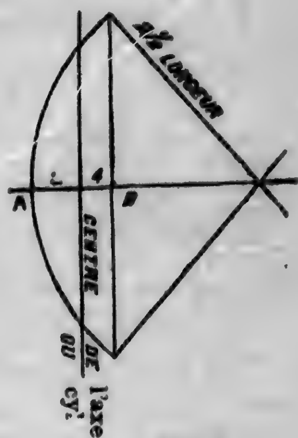


Figure 89. AB....hauteur de l'arc, qui doit être divisée par 10, dont 6 parties en dehors de la ligne du centre de l'axe ou du cylindre.

Or la même distance, portée du côté opposé au centre du balancier, est le centre du cylindre ; après ces points trouvés, on procède à l'érection.

Fig. 90



Pour faire la preuve du niveau de l'axe du balancier, il suffit de l'élever ou de le baisser avec une ligne fixe au bas du cylindre en E. Alors, si l'axe du balancier est bien, la ligne paraîtra comme ED, et le centre de l'axe sera en a' ; mais si la ligne du centre de l'axe du balancier était dans la direction bb', le balancier baissé, la ligne dans la direction Ee, et le balancier élevé, la ligne serait dans la direction EF, alors la différence serait visible sur la ligne AB, à la tête du cylindre.

Pour l'érection d'une machine à hélice, vu que toute la machine est sur une même fondation, il s'agit tout simplement de mettre la ligne du centre de l'axe de l'hélice parallèle à la ligne de flotaison, tout en observant l'usage des quatre premières lignes mentionnées dans la vérification précédente.

Dans tous les cas, la ligne des tubes des chaudières doit être parallèle à la flotaison.

Dans un bateau à roues, il est nécessaire de vérifier au moins une fois par année la position des arbres des roues, du balancier et du cylindre.

Trois lignes sont nécessaires pour cette opération ; l'une, du fond du cylindre à la tête du balancier ; une autre, du bout opposé du balancier, passant par le centre des arbres, et parallèle à la ligne du cylindre ; ces deux lignes servent à vérifier les positions du balancier et du cylindre ; une troisième ligne, horizontale autant que possible, passant par le centre du cylindre et le centre des arbres.

Ces deux dernières lignes sont celles qui vérifient les positions des axes. Il est évident que si les axes sont en ligne, la manivelle, en faisant un tour, doit passer à égale distance de ces lignes, soit au haut soit au bas, à l'avant et à l'arrière ; si, en mesurant aux quatre différents points, la distance de la ligne perpendiculaire à la manivelle est plus grande en haut qu'en bas, alors l'axe est plus bas à l'extérieur : ainsi des autres points. Alors pour trouver la quantité nécessaire dont l'axe doit être élevé, avancé ou reculé, établissez la proportion suivante :

$$M : A :: \frac{1}{2} d : x$$

Ou : la longueur de la manivelle est à la longueur de l'axe, comme la demi-différence est à l'élévation à donner.

Ex.—Si une manivelle de 5 pieds passe à $\frac{1}{2}$ pouce plus près de la ligne en bas qu'en haut, et si la longueur de l'axe est 21 pieds, quelle est l'élévation nécessaire à l'extérieur ?

$0.25 =$ la $\frac{1}{2}$ différence

$5 : 21 : 0.25 : x \ldots 1.05$ pouce

La pression exercée sur les coulisses est à la pression exercée sur le piston, comme la longueur de la manivelle est à celle de la bielle, pour les machines à action directe.

Ex.—Un piston a 45 pouces de diamètre, avec une pression de 30 livres au pouce carré ; la manivelle a 21 pouces, la bielle 7 pieds 6 pouces, la surface des coulisseaux 11 pouces sur 9 ; quelle est la pression au pouce carré sur les coulisseaux ?

$45^2 \times 0.7854 \times 30 = 47\ 713.05$ livres sur le piston.

Ainsi 90 : 21 :: 47 713,05 : la pression sur la coulisse, ou à 11 133,045 livres.

Coulisseau $11 \times 9 = 99$ pouces carrés

Pression au pouce carré.... $11\ 133{,}045 \div 99 = 112\ 455$ livres.

Pour une machine à balancier, la pression sur les coulisses est à celle du piston, comme la hauteur de l'arc excédant la ligne du centre est à la longueur des bielles latérales.

Ex.—Un piston a 38 pouces de diamètre avec une pression de 20 livres; hauteur de l'arc 8 pcs, longueur des bielles 7 pds 6 pcs, 2 coulisseaux de 8 pouces sur $2\frac{1}{2}$; quelle est la pression au pouce carré sur les coulisseaux ?

$38^2 \times 0{,}7854 \times 20 = 22\ 682$ livres sur le piston.

Ainsi 90 : 8 :: 22 682 : la pression sur les coulisses ou 2014,4 livres.

Coulisseaux. . . . $8 \times 2.5 \times 2 = 40$.

∴ $2014{,}4 \div 40 = 503{,}8$ livres au pouce carré.

Roues à aubes

L'introduction de la vapeur dans la navigation nécessitait un transmetteur spécial du travail moteur, et la *roue à aubes* a été le premier transmetteur employé ; il a été considéré longtemps comme le seul moyen possible de locomotion des bateaux à vapeur.

Le proprès marchant toujours, donna naissance à certaines variétés de roues. Parmi ces variétés, en petit nombre d'ailleurs, la roue à aubes mobiles a été adoptée de préférence à toute autre, malgré son grand poids, et les réparations fréquentes nécessitées par sou mécanisme. Le peu de succès obtenu par l'hélice dès son apparition l'avait presque fait jeter dans l'oubli.

Roue radiale ou à aubes fixes, comparée à la roue à aubes mobiles.

1. *Roue à aubes fixes.*

L'action de la roue à aubes fixes ressemble beaucoup à celle d'une locomotive ; mais tandis que la roue de la locomotive avance la machine de toute la distance représentée par sa circonférence, la roue à aubes n'avance pas le vaisseau de la distance représentée par toute sa circonférence, mais l'avance d'une distance qui serait représentée par une circonférence de rayon plus petit. Nous appellerons *cercle effectif* le cercle dont la circonférence est égale à la vitesse du vaisseau.

Ex. Supposons un bateau à roues, ayant une vitesse de 12 milles à l'heure, avec 19 révolutions par minute; quel est le diamètre du cercle effectif ?

Distance parcourue par le vaisseau dans une heure. . . . $5\ 280 \times 12 = 63\ 360$ pieds. Révolutions par minute 19, par heure 1140

La circonférence de la roue qui aura passé durant ce temps, sera de 63 360 pieds dans 1140 révolutions ;

$$63\ 360 \div 1140 = 55{,}58 \text{ pieds ;}$$

Le diamètre correspondant à cette circonférence est 17.69 pieds, cercle effectif.

Le nombre 88, résultat de 5280 divisé par 60, est un nombre constant, dont on fait usage dans tous les calculs du cercle effectif.

Règle.—Multipliez la vitesse du vaisseau, en milles par heure, par 88, et divisez le résultat par 3,1416 fois le nombre de révolutions des roues par minute ; vous aurez le diamètre du cercle effectif.

Ex.—Solution du problème précédent :

$$(12 \times 88) \div (19 \times 3.1416) = 17{\cdot}69 \text{ pieds}$$

Pour faciliter le calcul lorsque la vitesse est donnée en nœuds, ou en milles nautiques, on multiplie les nœuds par 1.15 pour les changer en milles, afin d'avoir le nombre 88.

Le recul du moteur est la différence entre la distance parcourue par le vaisseau, et celle qu'il aurait dû parcourir par le travail complet du moteur.

Dans chaque aube, le point sur lequel agirait toute la pression, pour produire le même effet que si la pression était appliquée sur toute la surface de l'aube, est le centre de pression.

Dans les roues radiales ordinaires, ce point est à $\frac{1}{3}$ du bas de l'aube. Cela résulte de la grande rapidité du mouvement du bord extérieur de l'aube, en comparaison avec le mouvement du bord intérieur, ce qui entraîne une plus grande résistance à l'extérieur.

Cette règle s'applique à toutes les aubes : $\frac{1}{3}$ de la largeur de l'aube pour les aubes submergées ; et pour celles qui ne sont qu'en partie immergées, le centre de la pression est à $\frac{1}{3}$ de l'immersion.

Pour les roues à aubes mobiles, la position du centre de pression au-dessous de la surface de l'eau pour les aubes submergées, s'obtient en prenant les $\frac{2}{3}$ de la différence des cubes du haut et du bas de l'aube, et en divisant par la différence des carrés des immersions.

Pour celles qui ne sont qu'en partie immergées, le centre de pression est au $\frac{1}{3}$ de l'immersion, à partir du bas de l'aube.

Ex.—Trouvez le centre de la pression des aubes d'une roue à aubes mobiles, le diamètre étant de 26 pieds, et la largeur de l'aube 30 pouces ?

Règle.—Divisez l'arc d'immersion en 25 parties égales, et trouvez l'immersion de la partie la plus basse de l'aube dans les 23 positions intermédiaires.

De ces différentes distances, on peut déduire l'immersion moyenne.

Supposons que l'opération soit faite, et que l'immersion soit de 61,3 pouces au-dessous de la surface de l'eau.

L'immersion moyenne du haut des aubes serait 61.3—30 ou 31,3 pouces. Donc le centre moyen de la pression pour l'aube submergée sera aux $\frac{2}{3}$ de

$$(61.3^3 - 31.3^3) \div (61.3^2 - 31.3^2)$$

ou à 47.82 pouces de la surface de l'eau ;

$$61.3 - 47.82 = 13.48 \text{ pouces du bas de l'aube.}$$

Le centre de la pression pour l'aube à demi immergée est 15÷3 ou 5 pouces.

Donc, le centre moyen de la pression est à

$$(13,48 \times 23 + 5 \times 2) \div 25 \text{ ou } 12.375 \text{ pouces du bas de l'aube.}$$

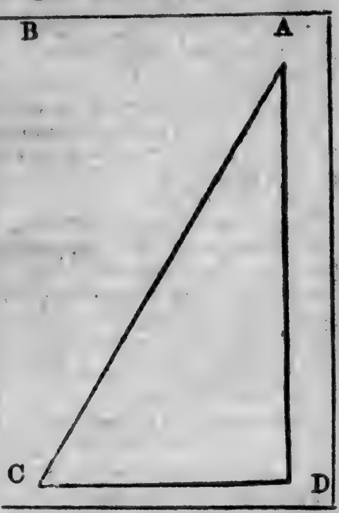
Dans les roues radiales, une partie du pouvoir est perdu par leur action oblique et par le recul.

Considérons d'abord la perte due à l'action oblique.

AC représente la position de l'aube formant l'angle BAC avec la surface de l'eau dans laquelle l'aube est entrée.

La pression de l'eau sur l'aube est en proportion de sa profondeur AC, et l'effet produit varie suivant la pression, de telle sorte que le pouvoir déployé varie comme le carré de AC ; mais comme l'aube passe obliquement dans l'eau, le seul pouvoir effectif sera celui qui sera déployé sur la ligne verticale AD.

Le pouvoir déployé par la ligne CD est absorbé à faire descendre l'eau en allant de gauche à droite et à soulever l'eau de droite à gauche. Donc, ce pouvoir est perdu.



Supposons que AC soit égal à 1 ; en vertu des propriétés trigonométriques, CD, qui ne produit aucun effet utile, est égal au sinus de l'angle A. Si cet angle A est de 45°, son sinus est 0.70711, et le carré du sinus est 0,5. C'est donc la moitié ou 50 pour cent du pouvoir appliqué à cette aube qui est perdu, quand l'aube est à 45° de la ligne perpendiculaire à la surface de l'eau. Il reste alors 50 pour cent du pouvoir appliqué, utilisé à la marche du vaisseau.

Si l'angle était de 30°, le sinus serait 0,5, et la perte par l'action oblique, qui est le carré du sinus, serait 0,25, soit 25 pour cent du pouvoir appliqué à l'aube : il y aurait alors 100—25 ou 75 pour cent du pouvoir utilisé.

Pour trouver la perte due à l'action oblique, prenons une roue radiale à aubes fixes, et supposons que les aubes d'entrée et de sortie forment un angle de 100° au centre de la roue (*angle d'immersion*).

Règle.—Multiplier par 25 le sinus de l'angle d'immersion, (ou de la somme des angles formés par les aubes extrêmes), et soustraire le résultat de 50 ; la reste est le percentage de perte due à l'obliquité des aubes.

Si l'angle d'immersion (ou la somme des angles d'entrée et de sortie) est de 100°, le sinus de cet angle est .98481. Donc le percentage de la perte due à l'action oblique égale

$$50 - (25 \times ,98481) \text{ ou } 25,379.$$

Le percentage de la perte d'effet due à l'action oblique dépend

directement de l'angle d'immersion ; par conséquent la perte d'effet sera plus grande pour une plus grande immersion d'une roue d'un même diamètre.

Considérons la perte d'effet due au recul.

Supposons un vaisseau ayant des roues radiales de 26 pieds de diamètre, la largeur des aubes étant de 30 pouces, la vitesse du vaisseau de 12 milles à l'heure, avec 18 révolutions par minute ; quel est le percentage de la perte due au recul ?

Par la méthode déjà mentionnée dans cet article, nous trouvons que le diamètre du cercle effectif est 24 pieds $4\frac{3}{4}$ pouces.

Dans le cas présent, le vaisseau avance de $12 \times 5\,280$ ou 63 360 pieds par heure, tandis que la distance due à la vitesse du cercle de la pression est

$$24,3958 \times 3,1416 \times 18 \times 60 = 82\,749,6 \text{ pieds.}$$

Donc le recul égale $82\,749,6 - 63\,360 = 19\,389,6$ pieds ;

$19\,389,6 \times 100 \div 82\,749,6 = 23,4$ pour cent de la vitesse due au diamètre des roues.

Ce taux de 23,4 pour cent n'est pas le percentage de la perte de pouvoir due au recul, puisqu'une partie des aubes ne produit aucun effet utile à l'avancement du vaisseau. Le pouvoir déployé qui ne produit pas d'avance ne peut avoir de recul, puisque le recul est en proportion directe de la vitesse avec laquelle les aubes forcent le vaisseau à avancer.

Nous avons déjà trouvé que la perte due à l'action oblique est de 25,37 pour cent du pouvoir appliqué aux roues.

Par suite, il y a $100 - 25,37$ ou 74,67 pour cent du pouvoir, qui se trouve utilisé à produire la marche du vaisseau.

Alors nous voyons que la perte d'effet par le recul est 23,4 pour cent du pouvoir produisant un effet utile, ou $74,63 \times 0,234$ ou 17,46 pour cent de tout le pouvoir appliqué aux roues.

En additionnant les pertes d'effet, nous avons

$100 - (17,46 + 25,37) = 57,17$ pour cent de tout le pouvoir appliqué d'efficace ;

et $17,46 + 25,37 = 42,23$ pour cent de pouvoir perdu par le recul et par l'action oblique.

Roues à aubes mobiles

Dans les roues à aubes mobiles, il y a aussi une perte d'effet, et cette perte est due au recul, et au frottement résultant du mécanisme nécessaire à la mobilité des aubes.

Si nous prenons une roue à aubes mobiles, du même cercle effectif que la roue précédente, même immersion, même largeur d'aube et même recul, la vitesse horizontale des aubes sera plus grande que celle du vaisseau.

La corde de l'arc d'immersion, ou la distance parcourue horizontalement par le cercle effectif dans le cas présent est 18,67 pieds.

L'arc d'immersion, ou la distance parcourue par le cercle effectif est 21,27 pieds, tandis que la distance horizontale n'est que 18,67 pieds. Mais, suivant notre supposition, il y a 23,4 pour cent de recul ; donc le vaisseau avancera de $21,27 \div (21,27 \times 0,234)$

ou de 15,19 pieds, dans le même temps que le cercle effectif aura avancé horizontalement 18,67 pieds.

Ainsi le cercle effectif avance horizontalement de 18,67 - 15,19 ou 3,48 pieds ; 3,48 × 100 ÷ 18,67 = 18,6.... pour cent plus vite que le vaisseau.

Si le frottement du mécanisme des aubes n'est pas pris en considération, la perte totale d'effet dans le cas présent est 23,4 pour cent, ce qui fait 42,83 - 23,4 ou 19,43 pour cent de moins qu'avec une roue radiale.

Le pouvoir absorbé par le frottement du mécanisme des aubes ne peut être déterminé que par des expériences.

Dans les deux exemples donnés plus haut, les deux roues ayant la même quantité de perte par le recul, il s'ensuit que, toutes choses égales d'ailleurs, un vaisseau monté avec des roues à aubes mobiles peut marcher tout aussi vite qu'avec des roues radiales, avec 19,43 pour cent moins de pouvoir.

De sorte que si un vaisseau monté avec des roues radiales déploie 1000 forces de chevaux, et produit une vitesse de 10 milles à l'heure, un autre de même force, ou bien le même, monté avec des roues à aubes mobiles, déploierait seulement 1000 - (1000 × 0,1943) = 805,7 forces de chevaux pour produire la même vitesse.

Supposons toutefois que le pouvoir en forces de chevaux dans le dernier cas soit 900, nous aurons

900—805,7 = 94,3 forces.

94,3 × 100 ÷ 900 = 10,5 pour cent de tout le pouvoir appliqué, absorbé par le mécanisme des aubes. Ceci nous donne 100—10,5 = 89,5 pour cent de pouvoir transmis aux roues. Ainsi nous aurons une perte de 89,5 × 0,234 ou 20,94 pour cent pour le recul.

Alors la perte totale d'effet, pour les roues à aubes mobiles, égale 20,94 + 10,5 = 31,44 pour cent du pouvoir transmis.

L'avantage des aubes mobiles sur les aubes radiales est 42.83—31.44 ou 11.39 pour cent.

Proportions des roues

V.... Vitesse en milles nautiques
F. C. I.... Forces de chevaux indiquée (total)
S... Aire de la section d'immersion du vaisseau en pieds carrés.
x.... Coefficient variable.

$V = \sqrt[3]{x \, FCI \div S}$ $\qquad$ $FCI = V^3 S \div x$

$x = 460$ dans les bateaux où la vitesse n'est pas requise jusqu'à
$x = 650$ dans les petits bateaux à grande vitesse.
$x = 560$ dans les grands bateaux à petite vitesse.
$x = 800$ dans les grands bateaux à grande vitesse.

Diamètres des roues

D.... Diamètre effectif en pieds
d.... Diamètre extrême de la roue

V....: Vitesse en milles nautiques par heure
v.... Vitesse des statuts " "
R.... Nombre de révolutions par minute

$d = 32.25\ V \div R$ $D = 45\ V \div R$ $R = 45\ V \div D$

$d = 28\ v \div R$ $D = 39\ v \div R$ $R = 39\ v \div D$

Le diamètre des roues varie de 5 fois la longueur de la course du piston, dans les bateaux à grande vitesse, à 3 fois la course, dans les bateaux à petite vitesse.

Aire des aubes

D.... Diamètre des roues, en pieds.
A.... Aire d'une aube.
F.... Force totale indiquée, en chevaux.
L.... Longueur de l'aube en pieds.

$A = F \div D$ pour vaisseaux ordinaires de mer.
$A = 0{,}75F \div D$ pour vaisseaux à grande vitesse.
$L = 0{,}6A$ pour vaisseaux ordinaires.
$L = 0{,}7A$ pour vaisseaux à grande vitesse.
Distance entre les aubes fixes : 2 pieds ½ pour les bateaux à grande vitesse, 3 pieds pour les bateaux à petite vitesse.
Distance entre les aubes mobiles, de 4 à 6 pieds.

Immersion des aubes

Dans les grands vaisseaux de mer : de 18 à 20 pouces d'eau au-dessus de l'aube verticale.

Dans les petits vaisseaux de mer : de 12 à 15 pouces d'eau au-dessus de l'aube verticale.

Dans les vaisseaux de rivières, de 2 à 4 pouces d'eau au-dessus de l'aube verticale.

Nombre d'aubes submergées :
Vaisseaux de mer........4
Vaisseaux de rivières......2
Diamètre effectif × 3,1416 = la circonférence effective.

Recul des roues

A.... Longueur de l'arc d'immersion de la circonférence effective.
C.... Longueur de la corde de l'arc d'immersion.
R.... Recul de la roue.

$R = 2(A - C) \div A$ pour roues radiales.

$R = 1{,}5(A - C) \div A$ pour roues à aubes mobiles.

Le recul appproximatif des aubes radiales est de 20 pour cent, et celui des aubes mobiles 15 pour cent des circonférences effectives.

Proportions des bateaux à roues

Longueur de la quille........................1.00
Largeur de bau..............................0.14

Profondeur du bateau.................................0.10
Centre des roues, de l'Etambot 0,45

Mille nautique ....6080 pieds
Mille des Statuts ....5280 pieds

Hélice employée comme moteur

Dès 1802, on proposait d'appliquer aux bataux à vapeur, un moteur submergé. Un anglais du nom de *Dr Shorter* obtint un certain succès dans l'application de l'hélice. Mais comme il lui fut impossible de trouver un pouvoir capable de faire fonctionner son hélice avec avantage, il eut la peine de la voir tomber dans l'oubli.

Les premiers introducteurs de la machine de Watt comme moteur l'ont appliquée aux roues, et le succès obtenu parut pendant quelque temps attirer toute l'attention des inventeurs.

Malgré tous les brevets obtenus pour des propulseurs submergés, ce n'est qu'en 1837 que le capitaine Ericsson et Mr F. P. Smith, ont obtenu, avec leurs vaisseaux, des résultats assez satisfaisants.

Le 25 mai 1837, le Capitaine Ericsson, avec son bateau de 45 pieds de longueur, 8 pieds de largeur, et une immersion de 2 pieds 2 pouces, a remorqué le *Toronto*, navire américain, sur la Tamise, contre marée, à une vitesse de 4 nœuds ½ àl'heure ; il a aussi remorqué une barge, devant les Lords de l'Amirauté, à une vitesse de 10 milles à l'heure. L'espérance du capitaine Ericsson de voir l'hélice appliquée aux vaisseaux de guerre, après qu'il en eut démontré tous les avantages, fut anéantie par la décourageante réponse des Lords de l'Amirauté, refusant d'adopter l'hélice comme moteur.

Le *Robert-Stokton*, construit en 1839 par un américain qui avait été témoin des expériences faites par le capitaine Ericsson, eut un succès remarquable. Cet homme voyant l'impossibilité de faire adopter son plan par les Lords de l'Amirauté, se décida à passer en Amérique, pour y poursuivre ses travaux.

Durant ce temps, des capitalistes influents se joignirent à M. Smith, dans le but d'acheter son brevet, et l'*Archimède*, vaisseau de 237 tonneaux etde 80 forces de chevaux, fut construit en 1838. Le succès fut si graud que les Lords de l'Amirauté donnèrent ordre au capitaine *Chappelle*, en 1840, d'assister aux expériences, et d'en faire rapport ; les rapports furent si favorables que les Lords de l'Amirauté donnèrent ordre de construire le *Battler* sur le même plan que *l'Alecto*, bateau à roues, et du même pouvoir en force de chevaux.

D'après les résultats précédents, on voit que M. Smith et ses amis, sur lesquels on comptait, étaient tombés dans l'erreur, en croyant qu'il était avantageux, de construire le vaisseau avec des grosses lignes arrondies dans la partie de l'arrière du vaisseau. M. Smith propageait son opinion avec tant d'ardeur, que le Rattler fut construit d'après cette opinion, qui fut adoptée par plusieurs constructeurs ; finalement on s'aperçut que c'était une erreur, et que des lignes fines, donnant à l'eau libre accès à l'hélice étaient nécessaires.

Durant ce temps, l'hélice prenait un ascendant dans l'opinion publique, et plusieurs vaisseaux à hélice furent construits :

Le *Madras*, le *Bombay*, *Formosa*, *Chusan*, *Bengal*, de 225 tonneaux, et l'*Hymalaya*, de 3500 tonneaux.

L'hélice naturelle, est une vis ordinaire mais avec un grand diamètre. Le pas de la vis est la distance axiale parcourue par la ligne extérieure, ou la génératrice, dans une révolution. Si le mouvement dans la direction de l'axe est en raison constante du mouvement circulaire, cela forme l'hélice naturelle ; mais si le mouvement axial croît ou décroît tandis que le mouvement circulaire reste le même, alors l'hélice prend le nom d'irrégulière.

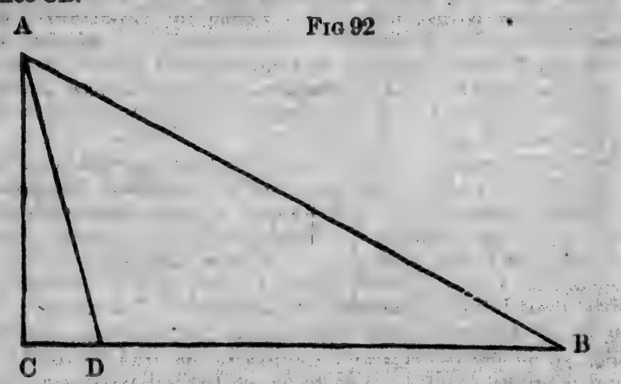
Les hélices ordinairement en usage sont des vis à deux, trois et quatre filets, très minces en proportion du diamètre.

Si l'on prend en longueur ⅙ du diamètre d'une hélice, les filets paraîtront comme des *pelles* : c'est ainsi que nous nommerons ces filets.

Pour tracer le filet d'une hélice naturelle en supposant que la ligne génératrice soit tracée sur cylindre, et qu'elle fasse un tour complet, ce cylindre étant dévelopé en une surface plane :

Alors la ligne extérieure ainsi dévelopée paraîtra droite comme AB dans la figure 92, parce qu'elle aura avancé, dans la direction de l'axe, de la distance AC, et, dans la direction circulaire, de la distance CB.

Fig 92



Alors AC réprésente le pas, et AB répresente le filet ou la génératrice. L'angle BAC est l'angle de l'hélice, mais ce n'est que l'angle extérieur tracé sur la circonférence.

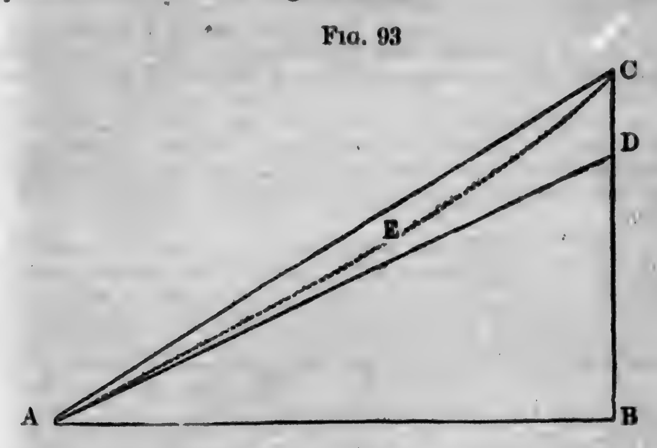
Tandis que la partie extérieure de la génératrice aura avancé, dans la figure circulaire, de la distance CB, l'autre partie, plus près du centre, n'aura avancé que de la distance CD.

Ainsi la ligne tracée par cette partie de la génératrice (pourvu que la distance axiale soit la même) sera AD. Le nouvel angle CAD sera l'angle de la pelle au moyeu de l'hélice. Alors il est évident que les angles de la pelle varient à tous les points, du centre au périmètre ; l'angle BAC est appelé *l'angle de l'hélice*, parce que c'est sa valeur qui est le point de départ pour la construction de l'hélice.

Dans une hélice irrégulière dont le pas augmente de l'avant à l'arrière. La génératrice part du point A (FIG. 93), avec le pas DB, et augmente jusqu'à CB, pendant que la génératrice fait une révolution.

Au commencement, la génératrice prend la direction AD, et à la fin de la révolution, elle se trouve dans la direction AC, de sorte que la ligne courbe AEC, tracée tengentiellement anx deux autres, représentera la course de la génératrice.

FIG. 93



L'angle ACB est appelé *angle de l'hélice*. C'est de la ligne CA que dérivent toutes les autres. Le pas d'une hélice peut aussi croître, du centre au périmètre ; toutes ces hélices sont irrégulières.

L'avantage de l'hélice à pas croissant de l'avant à l'arrière s'établit comme il suit : la première partie de la pelle entrant dans l'eau, agit sur l'eau en repos, tandis que la partie suivante vient agir sur l'eau déjà mise en mouvement par la première partie de la pelle ; et le pas est augmenté pour que la dernière partie de la pelle rencontre autant de résistance que la première.

Mais lorsque l'hélice a fait une révolution, et que toute l'eau environnante est mise en mouvement, le gain résultant d'une hélice à pas croissant est fort douteux.

La réclame faite en faveur de l'hélice dont le pas augmente du centre au périmètre, a sa raison d'être, parce que la partie voisine du centre est de très peu de service pour l'avance du vaisseau.

Il y a avantage à faire cette partie de manière à offrir le moins de résistance possible ; souvent on y arrive en réduisant cette partie à son minimum, et en augmentant la surface vers le périmètre.

Dans plusieurs cas, pour diminuer la résistance offerte par cette partie de l'hélice, le milieu est sphérique et très gros, dans le but de remplacer la partie de la pelle près du centre, qui n'a que très peu d'effet pour l'avance du vaisseau.

En admettant que toutes ces modifications aient donné de bons résultats, comme chaque inventeur réclame la supériorité pour son propre système, il paraît impossible de donner des règles et formules par lesquelles la meilleure hélice puisse être construite.

L'auteur de la présente compilation est d'opinion que l'hélice la meilleure et la plus productive peut être construite en réunissant les conditions suivantes :

1. Que la partie voisine du centre, qui est de peu de service, soit réduite en largeur autant que possible, et que l'on augmente la surface vers le périmètre, où se trouve la partie réellement effective.

2. Que le pas de l'hélice augmente du centre au périmètre, afin que la partie voisine du centre (au lieu d'offrir une résistance au mouvement circulaire résultant du recul) suive le fil de l'eau sans porter préjudice au pouvoir déployé par la machine

3. Que la pelle de l'hélice soit un peu courbée en arrière, d'une forme parabolique, parce qu'avec les hélices naturelles, l'eau est chassée parallèlement à l'axe, et de sa nature l'eau prend la forme d'un cône divergent en s'éloignant, tandis que l'hélice parabolique tend à faire prendre à l'eau la forme d'un cône convergent vers un foyer dans la ligne du centre de l'axe ; l'eau, ainsi forcée vers un centre, offrira à l'hélice plus de résistance qui si elle était chassée vers la surface.

Le recul des hélices varie de 10 à 30 pour cent, mais ce dernier taux de recul ne doit être toléré par aucun propriétaire de vaisseau à hélice ; le taux de 20 pour cent devrait être le maximum de perte ; alors 15 pour cent serait la moyenne.

Or, en construisant une hélice avec le pas décroissant du périmètre au centre, l'angle de la pelle au centre doit être de 15 pour cent de moins que l'angle de la génératrice, et peut même être réduit sans inconvénient à 12 pour cent.

Le recul d'une hélice, résulte de ce que l'eau est un médium ou milieu qui se déplace facilement.

Dans la construction d'une hélice, le percentage de recul alloué n'est qu'aproximatif : la pratique et l'expérience ont fait voir que, dans le beau temps, le recul d'une hélice bien construite est de 10 à 15 pour cent ; dans le mauvais temps, le recul augmente en proportion de la résistance au passage du vaisseau, occasionnée par la mer et le vent contraires.

Le recul d'une hélice à pas très court n'est pas aussi considérable avec des vents contraires que celui d'une hélice à grand [illegible] parce que la résistance à son mouvement est davantage [illegible] direction de la poussée.

Mais l'hélice à pas court nécessite un plus g[illegible]e révolutions pour maintenir la vitesse du vaiss[illegible], et il [illegible] a une limite qui ne peut être dépassée dans la pratique.

Dans le cas d'un fort vent contraire, tandis que le nombre de révolutions reste le même, la vitesse du vaisseau est diminuée de beaucoup, cela est dû a ce que l'eau est un médium qui se chasse

et se déplace facilement, et aussi à la manière dont la pelle entre dans l'eau ; dans le cas de vent contraire, la résistance offerte à l'hélice n'est pas plus grande ; mais le mouvement de l'eau à l'arrière est plus grand en proportion directe de la résistance occasionnée par les causes sus-mentionnées.

Quand un vaisseau court à une plus grande vitesse que celle qui est due au pas de l'hélice, cela est désigné par le nom de recul négatif. Ce cas peut avoir lieu avec un vaisseau toutes voiles déployées et un vent favorable ; mais en temps calme cela est improbable : cependant ce résultat pourrait avoir lieu, si la pelle de l'hélice était assez légère et élastique pour se déformer et augmenter le pas de l'hélice.

Les hélices sont construites avec un nombre de pelles variant de deux à quatre, et quelque fois plus ; cependant le nombre ne doit pas être augmenté jusqu'au point de réduire le volume d'eau (entre deux pelles voisines) de telle sorte qu'il offre moins de résistance.

Par suite de la nécessité de réduire la partie intérieure de l'hélice à son minimum, les hélices d'un petit diamètre offrant peu de surfaces, ont ordinairement quatre pelles, tandis que celles d'un grand diamètre en ont rarement plus de trois.

L'aire du disque d'une hélice est égale à l'aire d'un cercle d'un diamètre égal à celui de l'hélice.

Il est évident que l'hélice, en faisant une révolution, offre dans la direction de l'axe, une surface plane égale à l'aire du cercle. Et comme la force motrice ne s'exerce que dans la direction de l'axe, cette aire réprésente la surface de poussée de l'hélice.

Poussée

L'effet de la *poussée* s'obtient ordinairement par l'application d'un *dynamomètre* à l'axe de l'hélice.

La poussée théorique s'obtient par la méthode suivante : si la vitesse de l'hélice était égale à celle du piston, alors la poussée théorique serait égale à la pression sur le piston. Mais comme ce cas se présente rarement, il faut trouver la vitesse du piston en pieds par minute, ainsi que la vitesse de l'hélice en pieds, dans la direction de l'axe.

Ensuite la vitesse du piston étant divisée par celle de l'hélice, le quotient sera la rapport des deux vitesses, et ce rapport, multiplié par la pression sur le piston, sera la pression théorique sur l'hélice, en livres.

Ex. — Quelle est la poussée théorique d'une hélice, commandée [illegible]ar un cylindre de 60 pouces de diamètre et de 3 pieds de course, [illegible] pression effective de la vapeur étant de 25 livres, le nombre [illegible]s révolutions par minute étant de 55, et le pas de l'hélice étant de 22 pieds ?

$2827,4 \times 25 = 70\,685$ lbs, pression sur le piston.
$2 \times 3 \times 55 = 330$, vitesse du piston en pieds par minute.
22×5[illegible]$ = 1210$, vitesse de l'hélice en pieds par minute.
$330 \div$ [illegible]$10 = \frac{3}{11}$, raison des vitesses.
$70\,6$[illegible]$\frac{3}{11} = 19\,259,5$ lbs, poussée de l'hélice.

La poussée indiquée par un dynamomètre serait un peu moindre : la différence entre les deux résultats indique le pouvoir nécessaire pour faire équilibre aux frottements et aux autres résistances passives.

Le diamètre d'une hélice doit toujours être aussi grand que le permet l'immersion du vaisseau. Pour les bateaux de rivières, il n'est pas absolument nécessaire qu'il y ait une grande quantité d'eau au-dessus de l'hélice : quelques pouces suffisent ; mais pour les bateaux de mer, il est préférable d'avoir de 18 pouces à 2 pieds d'eau au-dessus.

La manière de mesurer le pas de l'hélice a été enseignée dans un autre article. Cependant si on suppose que l'hélice est irrégulière, il faut alors prendre au moins deux mesures : une près du centre, et l'autre au périmètre, et s'il y a une différence cela prouve que le pas augmente ou diminue du centre au périmètre.

En divisant la largeur de la pelle en deux parties égales, et en appliquant une règle droite du point de division à l'extérieur de la pelle, alternativement la hauteur de l'arc dont la règle droite est la corde, indiquera si le pas de l'hélice augmente ou diminue de l'avant à l'arrière de la pelle.

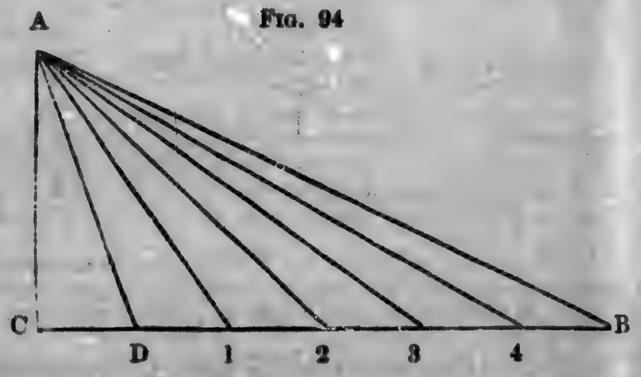
Dans la mesure d'une hélice irrégulière, il est nécessaire de prendre plusieurs mesures, et d'établir une moyenne pour base des calculs.

Pour construire une hélice, il faut d'abord en faire un plan.

Supposons que ce soit une hélice naturelle de 9 pieds de diamètre, avec un pas de 12 pieds ½.

La première opération est de déterminer l'angle de la pelle.

Fig. 94



Dans la figure 95, la ligne BC est égale à la circonférence de l'hélice et la perpendiculaire AC, est égale au pas, alors AB représente la génératrice, et l'angle BAC est l'angle de la pelle.

Ensuite soit CD représentant la circonférence du moyeu, de 15 pouces de diamètre ; alors AD donnera l'angle de l'extérieur. Des lignes tirées de A à tous les points intermédiaires entre B et D donneront les angles des diamètres respectifs tel que A1, A2, A3, etc.

Construction de l'hélice

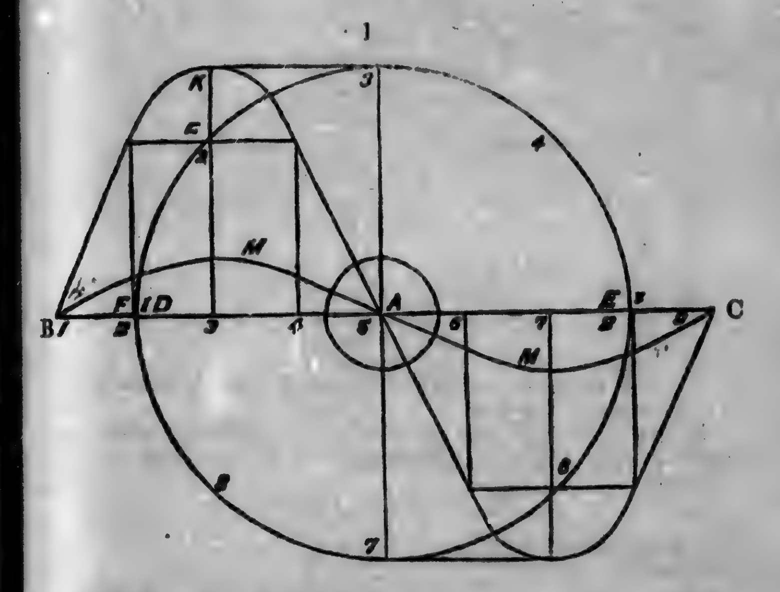
Si, en faisant le plan d'une hélice, ou désire tracer le trajet de la génératrice à l'extérieur, il faut, pour arriver à ce but, former la figure suivante :

BC réprésente le pas de l'hélice de 12 pieds ½.

La droite DE représente le diamètre de l'hélice ; et la distance circulaire qu'aura parcourue l'extrémité extérieure de la génératrice, pendant qu'elle aura avancé de la distance BC dans la direction de l'axe, sera la circonférence décrite sur DE.

En divisant la ligne BC en un nombre pair de parties égales, et la circonférence en un même nombre, nous aurons les points par où passera l'extrémité extérieure de la génératrice.


Fig. 95



Ainsi lorsque l'extrémité de la génératrice aura parcouru la distance axiale BF, elle aura parcouru la distance circulaire DG, et ce point sera en H ; lorsque l'extrémité de la génératrice aura parcouru, dans la direction circulaire, la distance DGI, ce point sera en K.

Ainsi, en traçant une ligne par les points ainsi trouvés, on aura le trajet de l'extrémite de la génératrice.

En traçant un cercle dont le diamètre serait égal au moyeu, et en opérant de la même manière que ci-dessus, on verrait le trajet de la génératrice paraître suivant la ligne B*M*A*M*C qui est à 16 pouces du centre ; ainsi de suite pour les autres lignes.

Ayant déterminé les limites de la pelle, faites l'élévation du

côté, en lui donnant la forme désirée ; cela étant fait, la forme de la pelle est determinée.

Maintenant, il faut remarquer les points par où passe la ligne de la limite de l'élévation du côté, à l'intersection des hélices ; il faut projeter des lignes de ces points jusqu'à ce qu'ils correspondent aux hélices tracées pour la construction du plan, et joindre ensuite tous ces points par une ligne courbe.

L'épaisseur totale de la pelle à son périmètre, et une partie seulement de l'épaisseur au moyeu, sont visibles dans le plan. Tous les points étant ainsi posés, le plan est complet.

Vitesses des hélices

Règle

V.... Vitesse en nœuds par heure.
v.... Vitesse en milles " "
P.... Pas de l'hélice en pieds.
R.... Nombre de révolutions par minute.

$$V = \frac{PR}{101} \qquad P = \frac{101V}{R}$$

$$v = \frac{PR}{88} \qquad P = \frac{88v}{R}$$

Dans ces formules, on ne prend pas en considération le recul, qui varie de 10 à 30 pour cent.

Le pas de l'hélice varie en raison de la différence entre le cercle formé par l'hélice et l'immession de la section du milieu du vaisseau.

Pour hélices à deux pelles

Proportion du disque à la section du milieu : comme 1 est à	6	5	4½	4	3½	3	2½	2
Proportion du pas au diamètre: comme 1 est à	0.8	1.02	1.11	1.2	1.27	1.31	1.4	1.47

Pour les hélices à quatre pelles, multipliez la proportion du pas au diamètre, dans la table, par 1.35.

Longueur de l'hélice....⅙ du diamètre

TABLE des carrés et cubes des nombres, et de leurs racines carrées et cubiques.

Nombre	Carré	Cube	Racine carrée	Rac. cubique
1	1	1	1.	1.
2	4	8	1.4142 136	1.2599 21
3	9	27	1.7320 508	1.4422 496
4	16	64	2.	1.5874 011
5	25	125	2.2360 68	1.7099 759
6	36	216	2.4494 897	1.8171 206
7	49	343	2.6457 513	1.9129 312
8	64	512	2.8284 271	2.
9	81	729	3.	2.0800 837
10	1 00	1 000	3.1622 777	2.1544 347
11	1 21	1 331	3.3166 248	2.2239 801
12	1 44	1 728	3.4641 016	2.2894 286
13	1 69	2 197	3.6055 513	2.3513 347
14	1 96	2 744	3.7416 574	2.4101 422
15	2 25	3 375	3.8729 833	2.4662 121
16	2 56	4 096	4.	2.5198 421
17	2 89	4 913	4.1231 056	2.5712 816
18	3 24	5 832	4.2426 407	2.6207 414
19	3 61	6 859	4.3585 989	2.6684 016
20	4 00	8 000	4.4721 36	2.7144 177
21	4 41	9 261	4.5825 757	2.7589 243
22	4 84	10 648	4.6904 158	2.8020 393
23	5 29	12 167	4.7958 315	2.8438 67
24	5 76	13 824	4.8989 795	2.8844 991
25	6 25	15 625	5.	2.9240 177
26	6 76	17 576	5.0990 195	2.9624 96
27	7 29	19 683	5.1961 524	3.
28	7 84	21 952	5.2915 026	3.0365 889
29	8 41	24 389	5.3851 648	3.0723 168
30	9 00	27 000	5.4772 256	3.1072 325
31	9 61	29 791	5.5677 644	3.1413 806
32	10 24	32 768	5.6568 542	3.1748 021
33	10 89	35 937	5.7445 626	3.2075 343
34	11 56	39 304	5.8309 519	3.2396 118
35	12 25	42 875	5.9160 798	3.2710 663
36	12 96	46 656	6.	3.3019 272
37	13 69	50 653	6.0827 625	3.3322 218
38	14 44	54 872	6.1644 14	3.3619 754
39	15 21	59 319	6.2449 98	3.3912 114
40	16 00	64 000	6.3245 553	3.4199 519
41	16 81	68 921	6.4031 242	3.4482 172
42	17 64	74 088	6.4807 407	3.4760 266
43	18 49	79 507	6.5574 385	3.5033 981
44	19 36	85 184	6.6332 496	3.5303 483
45	20 25	91 125	6.7082 039	3.5568 933
46	21 16	97 336	6.7823 3	3.5830 479
47	22 09	103 823	6.8556 546	3.6088 261

Carrés et cubes, Racines carrées et cubiques
(Suite)

Nombre	Carré	Cube	Racine carrée	Rac. cubique
48	23 04	110 592	6.9282 032	3.6342 411
49	24 01	117 649	7.	3.6593 057
50	25 00	125 000	7.0710 678	3.6840 314
51	26 01	132 651	7.1414 284	3.7084 298
52	27 04	140 608	7.2111 026	3.7325 111
53	28 09	148 877	7.2801 099	3.7562 858
54	29 16	157 464	7.3484 692	3.7797 631
55	30 25	166 375	7.4161 985	3.8029 525
56	31 36	175 616	7.4833 148	3 8258 624
57	32 49	185 193	7.5498 344	3.8485 011
58	33 64	195 112	7.6157 731	3.8708 766
59	34 81	205 379	7.6811 457	3.8929 965
60	36 00	216 000	7.7459 667	3.9148 676
61	37 21	226 981	7.8102 497	3.9364 972
62	38 44	238 328	7.8740 079	3.9578 915
63	39 69	250 047	7.9372 539	3.9790 571
64	40 96	262 144	8.	4.
65	42 25	274 625	8.0622 577	4.0207 256
66	43 56	287 496	8.1240 384	4.0412 401
67	44 89	300 763	8.1853 528	4.0615 48
68	46 24	314 432	8.2462 113	4.0816 551
69	47 61	328 509	8.3066 239	4.1015 661
70	49 00	343 000	8.3666 003	4.1212 853
71	50 41	357 911	8.4261 498	4.1408 178
72	51 84	373 248	8.4852 814	4.1601 676
73	53 29	389 017	8.5440 037	4.1793 39
74	54 76	405 224	8.6023 253	4.1983 364
75	56 25	421 875	8.6602 54	4.2171 633
76	57 76	438 976	8.7177 979	4,2358 236
77	59 29	456 533	8.7749 644	4.2543 21
78	60 84	474 552	8.8317 609	4.2726 586
79	62 41	493 039	8.8881 944	4.2908 404
80	64 00	512 000	8.9442 719	4.3088 695
81	65 61	531 441	9.	4.3267 487
82	67 24	551 368	9.0553 851	4.3444 815
83	68 89	571 787	9.1104 336	4.3620 707
84	70 56	592 704	9.1651 514	4.3795 191
85	72 25	614 125	9.2195 445	4.3968 296
86	73 96	636 056	9.2736 185	4.4140 049
87	75 69	658 503	9.3273 791	4.4310 476
88	77 44	681 472	9.3808 315	4.4479 602
89	79 21	704 969	9.4339 811	4.4647 451
90	81 00	729 000	9.4868 33	4.4814 047
91	82 81	753 571	9.5393 92	4.4979 414
92	84 64	778 688	9.5916 63	4.5143 574
93	86 49	804 357	9.6436 508	4.5306 549
94	88 36	830 584	9.6953 597	4.5468 359

Carrés et Cubes, Racines carrées et cubiques
(Suite)

Nombre	Carré	Cube	Racine carrée	Rac. cubique
95	90 25	857 375	9.7467 943	4.5629 026
96	92 16	884 736	9.7979 59	4.5788 57
97	94 09	912 673	9.8488 578	4.5947 009
98	96 04	941 192	9.8994 949	4.6104 363
99	98 01	970 299	9.9498 744	4.6260 65
100	1 00 00	1 000 000	10.	4.6415 888
101	1 02 01	1 030 301	10.0498 756	4.6570 095
102	1 04 04	1 061 208	10.0995 049	4.6723 287
103	1 06 09	1 092 727	10.1488 916	4.6875 482
104	1 08 16	1 124 864	10.1980 39	4.7026 694
105	1 10 25	1 157 625	10.2469 508	4.7176 94
106	1 12 36	1 191 016	10.2956 301	4.7326 235
107	1 14 49	1 225 043	10.3440 804	4.7474 594
108	1 16 64	1 259 712	10.3923 048	4.7622 032
109	1 18 81	1 295 029	10.4403 065	4.7768 562
110	1 21 00	1 331 000	10.4880 885	4.7914 199
111	1 23 21	1 367 631	10.5356 538	4,8058 995
112	1 25 44	1 404 928	10.5830 052	4.8202 845
113	1 27 69	1 442 897	10.6301 458	4.8345 881
114	1 29 96	1 481 544	10.6770 783	4.8488 076
115	1 32 25	1 520 875	10.7238 053	4.8629 442
116	1 34 56	1 560 896	10.7703 296	4.8769 99
117	1 36 89	1 601 613	10.8166 538	4.8909 732
118	1 39 24	1 643 032	10.8627 805	4.9048 681
119	1 41 61	1 685 159	10.9087 121	4.9186 847
120	1 44 00	1 728 000	10.9544 512	4.9324 242
121	1 46 41	1 771 561	11.	4.9460 874
122	1 48 34	1 815 848	11.0453 61	4.9596 757
123	1 51 29	1 860 867	11,0905 365	4.9731 898
124	1 53 76	1 906 624	11.1355 287	4.9866 31
125	1 56 25	1 953 125	11 1803 399	5.
126	1 58 76	2 000 376	11.2249 722	5.0132 979
127	1 61 29	2 048 383	11.2694 277	5.0265 257
128	1 63 84	2 097 152	11.3137 085	5.0396 842
129	1 66 41	2 146 689	11.3578 167	5.0527 743
130	1 69 00	2 197 000	11.4017 543	5.0657 97
131	1 71 61	2 248 091	11,4455 231	5.0787 531
132	1 74 24	2 299 968	11.4891 253	5.0916 434
133	1 76 89	2 352 637	11,5325 626	5.1044 687
134	1 79 56	2 406 104	11.5758 369	5,1172 299
135	1 82 25	2 460 375	11.6189 5	5.1299 278
136	1 84 96	2 515 456	11.6619 038	5.1425 632
137	1 87 69	2 571 353	11.7046 999	5.1551 367
138	1 90 44	2 628 072	11.7473 401	5.1676 493
139	1 93 21	2 685 619	11.7898 261	5.1801 015
140	1 96 00	2 744 000	11.8321 596	5.1924 941
141	1 98 81	2 803 221	11.8743 421	5.2048 279

Carrés et cubes, Racines carrées et cubiques
(*Suite*)

Nombre	Carré	Cube	Racine carrée	Rac. cubique
142	2 01 64	2 863 288	11.9163 753	5.2171 034
143	2 04 49	2 924 207	11.9582 607	5.2293 215
144	2 07 36	2 985 984	12.	5.2414 828
145	2 10 25	3 048 625	12.0415 946	5.2535 879
146	2 13 16	3 112 136	12.0830 46	5.2656 374
147	2 16 09	3 176 523	12.1243 557	5.2776 321
148	2 19 04	3 241 792	12.1655 251	5.2895 725
149	2 22 01	3 307 949	12.2065 556	5.3014 592
150	2 25 00	3 375 000	12.2474 487	5.3132 928
151	2 28 01	3 442 951	12.2882 057	5.3250 74
152	2 31 04	3 511 008	12.3288 28	5.3368 033
153	2 34 09	3 581 577	12.3693 169	5.3484 812
154	2 37 16	3 652 264	12.4096 736	5.3601 084
155	2 40 25	3 723 875	12.4498 996	5.3716 854
156	2 43 36	3 796 416	12.4899 96	5.3832 126
157	2 46 49	3 869 893	12.5299 641	5.3946 907
158	2 49 64	3 944 312	12.5698 051	5.4061 202
159	2 52 81	4 019 679	12.6095 202	5.4175 015
160	2 56 00	4 096 000	12.6491 106	5.4288 352
161	2 59 21	4 173 281	12.6885 775	5.4401 218
162	2 62 44	4 251 528	12.7279 221	5.4513 618
163	2 65 69	4 330 747	12.7671 453	5.4625 556
164	2 68 96	4 410 944	12.8062 485	5.4737 037
165	2 72 25	4 492 125	12.8452 326	5.4848 066
166	2 75 56	4 574 296	12.8840 987	5.4958 647
167	2 78 89	4 657 463	12.9228 48	5.5068 784
168	2 82 24	4 741 632	12.9614 814	5.5178 484
169	2 85 61	4 826 809	13.	5.5287 748
170	2 89 00	4 913 000	13.0384 048	5.5396 583
171	2 92 41	5 000 211	13.0766 968	5.5504 991
172	2 95 84	5 088 448	13.1148 77	5.5612 978
173	2 99 29	5 177 717	13.1529 464	5.5720 546
174	3 02 76	5 268 024	13.1909 06	5.5827 702
175	3 06 25	5 359 375	13.2287 566	5.5934 447
176	3 09 76	5 451 776	13.2664 992	5.6040 787
177	3 13 29	5 545 233	13.3041 347	5.6146 724
178	3 16 84	5 639 752	13.3416 641	5.6252 263
179	3 20 41	5 735 339	13.3790 882	5.6357 408
180	3 24 00	5 832 000	13.4164 079	5.6462 162
181	3 27 61	5 929 741	13.4536 24	5.6566 528
182	3 31 24	6 028 568	13.4907 376	5.6670 511
183	3 34 89	6 128 487	13.5277 493	5.6774 114
184	3 38 56	6 229 504	13.5646 6	5.6877 34
185	3 42 25	6 331 625	13.6014 705	5.6980 192
186	3 45 96	6 434 856	13.6381 817	5.7082 675
187	3 49 69	6 539 203	13.6747 943	5.7184 791
188	3 53 44	6 644 672	13.7113 092	5.7286 543

Carrés et cubes, Racines carrées et cubiques
(Suite)

Nombre	Carré	Cube	Racine carrée	Rac. cubique
189	3 57 21	6 751 269	13.7477 271	5.7387 936
190	3 61 00	6 859 000	13.7840 488	5.7488 971
191	3 64 81	6 967 871	13.8202 75	5.7589 652
192	3 68 64	7 077 888	13.8564 065	5.7689 982
193	3 72 49	7 189 057	13 8924 4	5.7789 966
194	3 76 36	7 301 384	13.9283 883	5.7889 604
195	3 80 25	7 414 875	13.9642 4	5.7988 9
196	3 84 16	7 529 536	14.	5.8087 857
197	3 88 09	7 645 373	14.0356 688	5.8186 479
198	3 92 04	7 762 392	14.0712 473	5.8284 867
199	3 96 01	7 880 599	14.1067 36	5.8382 725
200	4 00 00	8 000 000	14.1421 356	5.8480 355
201	4 04 01	8 120 601	14.1774 469	5.8577 66
202	4 08 04	8 242 408	14.2126 704	5.8674 673
203	4 12 09	8 365 427	14.2478 068	5.8771 307
204	4 16 16	8 489 664	14.2828 569	5.8867 653
205	4 20 25	8 615 125	14.3178 211	5.8963 685
206	4 24 36	8 741 816	14.3527 001	5.9059 406
207	4 28 49	8 869 743	14.3874 946	5.9154 817
208	4 32 64	8 998 912	14.4222 051	5.9249 921
209	4 36 81	9 129 329	14.4568 323	5.9344 721
210	4 41 00	9 261 000	14.4913 767	5.9439 22
211	4 45 21	9 393 931	14.5258 39	5.9533 418
212	4 49 44	9 528 128	14.5602 198	5.9627 32
213	4 53 69	9 663 597	14.5945 195	5.9720 926
214	4 57 96	9 800 344	14.6287 388	5.9814 24
215	4 62 25	9 938 375	14.6628 783	5.9907 264
216	4 66 56	10 077 696	14.6969 385	6.
217	4 70 89	10 218 313	14.7309 199	6.0092 45
218	4 75 24	10 360 232	14.7648 231	6.0184 617
219	4 79 61	10 503 459	14.7986 486	6.0276 502
220	4 84 00	10 648 000	14.8323 97	6.0368 107
221	4 88 41	10 793 861	14.8660 687	6.0459 435
222	4 92 84	10 941 048	14.8996 644	6.0550 489
223	4 97 29	11 089 567	14.9331 845	6.0641 27
224	5 01 76	11 239 424	14.9666 295	6.0731 779
225	5 06 25	11 390 625	15.	6.0822 02
226	5 10 76	11 543 176	15.0332 964	6.0911 991
227	5 15 29	11 697 083	15.0665 192	6.1001 702
228	5 19 84	11 852 352	15.0996 689	6.1091 147
229	5 24 41	12 008 989	15.1327 46	6.1180 332
230	5 29 00	12 167 000	15.1657 509	6.1269 257
231	5 33 61	12 326 391	15.1986 842	6.1357 924
232	5 38 24	12 487 168	15.2315 462	6.1446 337
233	5 42 89	12 649 337	15.2643 375	6.1534 495
234	5 47 56	12 812 904	15.2970 585	6.1622 401
235	5 52 25	12 977 875	15.3297 097	6.1710 058

Carrés et cubes, Racines carrées et cubiques
(*Suite*)

Nombre	Carré	Cube	Racine carrée	Rac. cubique
236	5 56 96	13 144 256	15.3622 915	6.1797 466
237	5 61 69	13 312 053	15.3948 043	6.1884 628
238	5 66 44	13 481 272	15.4272 486	6.1971 544
239	5 71 21	13 651 919	15.4596 248	6.2058 218
240	5 76 00	13 824 000	15.3919 334	6.2144 165
241	5 80 81	13 997 521	15.5241 747	6.2230 843
242	5 85 64	14 172 488	15.5563 492	6·2316 797
243	5 90 49	14 348 907	15.5884 573	6.2402 515
244	5 95 36	14 526 784	15.6204 994	6.2487 998
245	6 00 25	14 706 125	15.6524 758	6.2573 248
246	6 05 16	14 886 936	15.6843 871	6.2658 266
247	6 10 09	15 069 223	15.7162 336	6.2743 054
248	6 15 04	15 252 992	15.7480 157	6.2827 613
249	6 20 01	15 438 249	15.7797 338	6.2911 946
250	6 25 00	15 625 000	15.8113 883	6.2996 053
251	6 30 01	15 813 251	15.8429 795	6.3079 935
252	6 35 04	16 003 008	15.8745 079	6.3763 596
253	6 40 09	16 194 277	15.9059 737	6.3247 035
254	6 45 16	16 387 064	15.9373 775	6.3330 256
255	6 50 25	16 581 375	15.9687 194	6.3413 257
256	6 55 36	16 777 216	16.	6.3496 042
257	6 60 49	16 974 593	16.0312 195	6.3578 611
258	6 65 64	17 173 512	16.0623 784	6.3660 968
259	6 70 81	17 373 979	16.0934 769	6.3743 11
260	6 76 00	17 576 000	16.1245 155	6.3825 043
261	6 81 21	17 779 581	16.1554 944	6.3906 765
262	6 86 44	17 984 728	16.1864 141	6.3988 279
263	6 91 69	18 191 447	16.2172 747	6.4069 585
264	6 96 96	18 399 744	16.2480 768	6.4150 687
265	7 02 25	18 609 625	16.2788 206	6.4231 583
266	7 07 56	18 821 096	16.3095 064	6.4312 276
267	7 12 89	19 034 163	16.3401 346	6.4392 767
268	7 18 24	19 248 832	16.3707 055	6.4473 057
269	7 23 61	19 465 109	16.4012 195	6.4553 148
270	7 29 00	19 683 000	16.4316 767	6.4633 041
271	7 34 41	19 902 511	16.4620 776	6.4712 736
272	7 39 84	20 123 648	16,4924 225	6.4792 236
273	7 45 29	20 346 417	16.5227 116	6.4871 541
274	7 50 76	20 570 824	16.5529 454	6.4950 653
275	7 56 25	20 796 875	16.5831 24	6.5029 572
276	7 61 76	21 024 576	16.6132 477	6.5108 3
277	7 67 29	21 253 933	16.6433 17	6.5186 893
278	7 72 84	21 484 952	16.6783 32	6 5265 189
279	7 78 41	21 717 639	16.7032 931	6.5343 351
280	7 84 00	21 952 000	16.7332 005	6.5421 326
281	7 89 61	22 188 041	16.7630 546	6.5493 116
282	7 95 24	22 425 768	16.7928 556	6.5576 722

Carrés et Cubes, Racines carrées et cubiques
(Suite)

Nombre	Carré	Cube	Racine carrée	Rac. cubique
283	8 00 89	22 665 187	16.8826 038	6.5654 144
284	8 06 56	22 906 304	16.8522 995	6.5731 385
285	8 12 25	23 149 125	16.8819 43	6.5808 443
286	8 17 96	23 393 656	16.9115 345	6.5885 323
287	8 23 69	23 639 903	16.9410 743	6.5962 023
288	8 29 44	23 887 872	16.9705 627	6.6038 545
289	8 35 21	24 137 569	17.	6.6114 89
290	8 41 00	24 389 000	17.0293 864	6.6191 06
291	8 46 81	24 642 171	17.0587 221	6.6267 054
292	8 52 64	24 897 088	17.0880 075	6.6342 874
293	8 58 49	25 153 757	17.1172 428	6.6418 522
294	8 64 36	25 412 184	17.1464 282	6.6493 998
295	8 70 25	25 672 375	17.1755 64	6.6569 302
296	8 76 16	25 934 336	17.2046 505	6.6644 437
297	8 82 09	26 198 073	17.2336 879	6.6719 403
298	8 88 04	26 463 592	17.2626 765	6.6794 2
299	8 94 01	26 730 899	17.2916 165	6.6868 831
300	9 00 00	27 000 000	17.3205 081	6.6943 295
301	9 06 01	27 270 901	17.3493 516	6.7017 593
302	9 12 04	27 543 608	17.3781 472	6.7091 729
303	9 18 09	27 818 127	17.4068 952	6.7165 7
304	9 24 16	28 094 464	17.4355 958	6.7239 508
305	9 30 25	28 372 625	17.4642 492	6.7313 155
306	9 36 36	28 652 616	17.4928 557	6.7386 641
307	9 42 49	28 934 443	17.5214 155	6.7459 967
308	9 48 64	29 218 112	17.5499 288	6.7533 134
309	9 54 81	29 503 609	17.5783 958	6.7606 143
310	9 61 00	29 791 000	17.6068 169	6.7678 995
311	9 67 21	30 080 231	17.6151 921	6.7751 69
312	9 73 44	30 371 328	17.6635 217	6.7824 229
313	9 79 69	30 664 297	17.6918 06	6.7896 613
314	9 85 96	30 959 144	17.7200 451	6.7968 844
315	9 92 25	31.255 875	17.7482 393	6.8040 921
316	9 98 56	31 554 496	17.7763 888	6.8112 847
317	10 04 89	31 855 013	17.8044 938	6.8184 62
318	10 11 24	32 157 432	17.8325 545	6.8256 242
319	10 17 61	32 461 759	17.8605 711	6.8327 714
320	10 24 00	32 768 000	17.8885 438	6.8399 037
321	10 30 41	33 076 161	17.9164 729	6.8470 213
322	10 36 84	33 386 248	17.9443 584	6.8541 24
323	10 43 29	33 698 267	17.9722 008	6.8612 12
324	10 49 76	34 012 224	18.	6.8682 855
325	10 56 25	34 328 125	18.0277 564	6.8753 433
326	10 62 76	34 645 976	18.0554 701	6.8823 888
327	10 69 29	34 965 783	18.0831 413	6.8894 188
328	10 75 84	35 287 552	18.1107 703	6.8964 345
329	10 82 41	35 611 289	18.1383 571	6.9034 359

Carrés et cubes, Racines carrées et cubiques
(*Suite*)

Nombre	Carré	Cube	Racine carrée	Rac. cubique
330	10 89 00	35 937 000	18.1659 021	6.9104 232
331	10 95 61	36 264 691	18.1934 054	6.9173 964
332	11 02 24	36 594 368	18.2208 672	6.9243 556
333	11 08 89	36 926 037	18.2482 876	6.9313 088
334	11 15 56	37 259 704	18.2756 669	6.9382 321
335	11 22 25	37 595 375	18.3030 052	6.9451 496
336	11 28 96	37 933 056	18.3303 028	6.9520 533
337	11 35 69	38 272 753	18.3575 598	6.9589 434
338	11 42 44	38 614 472	18.3847 763	6.9658 198
339	11 49 21	38 958 219	18.4119 526	6.9726 826
340	11 56 00	39 304 000	18.4390 889	6.9795 321
341	11 62 81	39 651 821	18.4661 853	6.9863 681
342	11 69 64	40 001 688	18.4932 42	6.9931 906
343	11 76 49	40 353 607	18.5202 592	7.
344	11 83 36	40 707 584	18.5472 37	7.0067 962
345	11 90 25	41 063 625	18.5741 756	7.0135 791
346	11 97 16	41 421 736	18.6010 752	7.0203 49
347	12 04 09	41 781 923	18.6279 36	7.0271 058
348	12 11 04	42 144 192	18.6547 581	7.0338 497
349	12 18 01	42 508 549	18.6815 417	7.0405 806
350	12 25 00	42 875 000	18.7082 869	7.0472 987
351	12 32 01	43 243 551	18.7349 94	7.0540 041
352	12 39 04	43 614 208	18.7616 63	7.0606 967
353	12 46 09	43 986 977	18.7882 942	7.0673 767
354	12 53 16	44 361 864	18.8148 877	7.0740 44
355	12 60 25	44 738 875	18.8414 437	7.0806 988
356	12 67 36	45 118 016	18.8679 623	7.0873 411
357	12 74 49	45 499 293	18.8944 436	7.0939 709
358	12 81 64	45 882 712	18.9208 879	7.1005 885
359	12 88 81	46 268 279	18.9472 953	7.1071 937
360	12 96 00	46 656 000	18.9736 66	7.1137 866
361	13 03 21	47 045 831	19.	7.1203 674
362	13 10 44	47 437 928	19.0262 976	7.1269 36
363	13 17 69	47 832 147	19.0525 589	7.1334 925
364	13 24 96	48 228 544	19.0787 84	7.1400 37
365	13 32 25	48 627 125	19.1049 732	7.1465 695
366	13 39 56	49 027 896	19.1311 265	7.1530 901
367	13 46 89	49 430 863	19.1572 441	7.1595 988
368	13 54 24	49 836 032	19.1833 261	7.1660 957
369	13 61 61	50 243 409	19.2093 727	7.1725 809
370	13 69 00	50 653 000	19.2353 841	7.1790 544
371	13 76 41	51 064 811	19.2613 603	7.1855 162
372	13 83 84	51 478 848	19.2873 015	7.1919 663
373	13 91 29	51 895 117	19.3132 079	7.1984 05
374	13 98 76	52 313 624	19.3390 796	7.2048 322
375	14 06 25	52 734 375	19.3649 167	7.2112 479
376	14 13 76	53 157 376	19.3907 194	7.2176 522

Carrés et cubes, Racines carrées et cubiques.
(Suite)

Nombre	Carré	Cube	Racine carrée	Rac. cubique
377	14 21 29	53 582 633	19.4164 878	7.2240 45
378	14 28 84	54 010 152	19.4422 221	7.2304 268
379	14 36 41	54 439 939	19.4679 223	7.2367 972
380	14 44 00	54 872 000	19.4935 887	7.2431 565
381	14 51 61	55 306 341	19.5192 213	7.2495 045
382	14 59 24	55 742 968	19.5448 203	7.2558 415
383	14 66 89	56 181 887	19.5703 858	7.2621 675
384	14 74 56	56 623 104	19.5959 179	7.2684 824
385	14 82 25	56 066 625	19.6214 169	7.2747 864
386	14 89 96	57 512 456	19.6468 827	7.2810 794
387	14 97 69	57 960 603	19.6723 156	7.2873 617
388	15 05 44	58 411 072	19.6977 156	7.2936 33
389	15 13 21	58 863 869	19.7230 829	7.2998 936
390	15 21 00	59 319 000	19.7484 177	7.3061 436
391	15 28 81	59 776 471	19.7737 199	7.3123 828
392	15 36 64	60 236 288	19.7989 899	7.3186 114
393	15 44 49	60 698 457	19.8242 276	7.3248 295
394	15 52 36	61 162 984	19.8494 332	7.3310 369
395	15 60 25	61 629 875	19.8746 069	7.3372 339
396	15 68 16	62 099 136	19.8997 487	7.3434 205
397	15 76 09	62 570 773	19.9248 588	7.3495 966
398	15 84 04	63 044 792	19.9499 373	7.3557 624
399	15 92 01	63 521 189	19.9749 844	7.3619 178
400	16 00 00	64 000 000	20.	7.3680 63
401	16 08 01	64 481 201	20.0249 844	7.3741 979
402	16 16 04	64 964 808	20.0499 377	7,3803 227
403	16 24 09	65 450 827	20.0748 599	7.3864 373
404	16 32 16	65 939 264	20.0997 512	7.3925 418
405	16 40 25	66 430 125	20.1246 118	7.3986 363
406	16 48 36	66 923 416	20.1494 417	7.4047 206
407	16 56 49	67 419 143	20.1742 41	7.4107 95
408	16 64 64	67 917 312	20.1990 099	7.4168 595
409	16 72 81	68 417 929	20.2237 484	7.4229 142
410	16 81 00	68 921 000	20.2484 567	7.4289 589
411	16 89 21	69 426 531	20.2731 349	7.4349 938
412	16 97 44	69 934 528	20.2977 831	7.4410 189
413	17 05 69	70 444 997	20.3224 014	7.4470 342
414	17 13 96	70 957 944	20.3469 899	7.4530 399
415	17 22 25	71 473 375	20.3715 488	7.4590 359
416	17 30 56	71 991 296	20.3960 781	7.4650 223
417	17 38 89	72 511 713	20.4205 779	7.4709 991
418	17 47 24	73 034 632	20.4450 483	7.4769 664
419	17 55 61	73 560 059	20.4694 895	7.4829 242
420	17 64 00	74 088 000	20.4939 015	7.4888 724
421	17 72 41	74 618 461	20.5182 845	7.4948 113
422	17 80 84	75 151 448	20.5426 386	7.5007 406
423	17 89 29	75 686 967	20.5669 638	7.5066 607

Carrés et cubes, Racines carrées et cubiques.
(*Suite*)

Nombre	Carré	Cube	Racine carrée	Rac. cubique
424	17 97 76	76 225 024	20.5912 603	7.5125 715
425	18 06 25	76 765 625	20.6155 281	7.5184 73
426	18 14 76	77 308 776	20.6397 674	7.5243 652
427	18 23 29	77 854 483	20.6639 783	7.5302 462
428	18 31 84	78 402 752	20.6881 609	7.5361 221
429	18 40 41	78 953 589	20.7123 152	7.5419 867
430	18 49 00	79 507 000	20.7364 414	7.5478 423
431	18 57 61	80 062 991	20.7605 395	7.5536 888
432	18 66 24	80 621 568	20.7846 097	7.5595 263
433	18 74 89	81 182 737	20.8086 52	7.5653 548
434	18 83 56	81 746 504	20,8326 667	7.5711 743
435	18 92 25	82 312 875	20.8566 536	7.5769 849
436	19 00 96	82 881 856	20.8806 13	7.5827 865
437	19 09 69	83 453 453	20,9045 45	7.5885 793
438	19 18 44	84 027 672	20.9284 495	7.5943 633
439	19 27 21	84 604 519	20.9523 268	7.6001 385
440	19 36 00	85 184 000	20.9761 77	7.6059 049
441	19 44 81	85 766 121	21.	7.6116 626
442	19 53 64	86 350 888	21.0237.96	7.6174 116
443	19 62 49	86 938 307	21.0475 652	7.6231 519
444	19 71 36	87 528 384	21.0713 075	7.6288 837
445	19 80 25	88 121 125	21.0950 231	7.6346 067
446	19 89 16	88 716 536	21.1187 121	7.6403 213
447	19 98 09	89 314 623	21.1423 745	7.6460 272
448	20 07 04	89 915 392	21.1660 105	7.6517 247
449	20 16 01	90 518 849	21.1896 201	7.6574 138
450	20 25 00	91 125 000	21.2132 034	7.6630 943
451	20 34 01	91 733 851	21.2367 606	7.6687 665
452	20 43 04	92 345 408	21.2602 916	7.6744 303
453	20 52 09	92 959 677	21.2837 967	7.6800 857
454	20 61 16	93 576 664	21.3072 758	7.6857 328
455	20 70 25	94 196 375	21.3307 29	7.6913 717
456	20 79 36	94 818 816	21.3541 565	7,6970 023
457	20 88 49	95 443 993	21,3775 583	7.7026 246
458	20 97 64	96 071 912	21.4009 346	7.7082 388
459	21 06 81	96 702 579	21.4242 853	7.7138 446
460	21 16 00	97 336 000	21.4476 106	7.7194 426
461	21 25 21	97 972 181	21.4709 106	7.7250 325
462	21 34 44	98 611 128	21.4941 853	7.7306 141
463	21 43 69	99 252 847	21.5174 348	7.7361 877
464	21 52 96	99 897 344	21.5406 592	7.7417 532
465	21 62 25	100 544 625	21,5638 587	7.7473 109
466	21 71 56	101 194 696	21.5870 331	7.7528 606
467	21 80 89	101 847 563	21.6101 828	7.7584 023
468	21 90 24	102 503 232	21.6333 077	7.7639 361
469	21 99 61	103 161 709	21.6564 078	7.7694 62
470	22 09 00	103 823 000	21.6794 834	7.7749 801

Carrés et cubes, Racines carrées et cubiques.
(Suite)

Nombre	Carré	Cube	Racine carrée	Rac. cubique
471	22 18 41	104 487 111	21.7025 344	7.7804 904
472	22 27 84	105 154 048	21.7255 61	7.7859 928
473	22 37 29	105 823 817	21.7485 632	7.7914 875
474	22 46 76	106 496 424	21.7715 411	7.7969 745
475	22 56 25	107 171 875	21.7944 947	7.8024 438
476	22 65 76	107 850 176	21.8174 242	7.8079 254
477	22 75 29	108 531 333	21.8403 297	7.8133 892
478	22 84 84	109 215 352	21.8632 111	7.8188 456
479	22 94 41	109 902 239	21.8860 686	7.8342 942
480	23 04 00	110 592 000	21.9089 023	7.8297 353
481	23 13 61	111 284 641	21.9317 122	7.8351 688
482	23 23 24	111 980 168	21.9544 984	7.8405 949
483	23 32 89	112 678 587	21.9772 61	7.8460 134
484	23 42 56	113 379 904	22.	7.8514 244
485	23 52 25	114 084 125	22.0227 155	7.8568 281
486	23 61 96	114 791 256	22.0454 077	7,8622 242
487	23 71 69	115 501 303	22.0680 765	7.8676 13
488	23 81 44	116 214 272	22.0907 22	7.8729 944
489	23 91 21	116 930 169	22.1133 444	7.8783 684
490	24 01 00	117 649 000	22.1359 436	7.8837 352
491	24 10 81	118 370 771	22.1585 198	7.8890 946
492	24 20 64	119 095 488	22.1810 73	7.8944 468
493	24 30 49	119 823 157	22.2036 033	7.8997 917
494	24 40 36	120 553 784	22.2261 108	7.9051 294
495	24 50 25	121 287 375	22.2485 955	7.9104 599
496	24 60 16	122 023 936	22.2710 575	7.9157 832
497	24 70 09	122 763 473	22.2934 968	7.9210 994
498	24 80 04	123 505 992	22.3159 136	7.9264 085
499	24 90 01	124 251 499	22.3383 079	7.9317 104
500	25 00 00	125 000 000	22.3606 798	7.9370 053
501	25 10 01	125 751 501	22.3830 293	7.9422 931
502	25 20 04	126 506 008	22.4053 565	7.9475 739
503	25 30 09	127 263 527	22.4276 615	7.9528 477
504	25 40 16	128 024 064	22.4499 443	7.9581 144
505	25 50 25	128 787 625	22,4722 051	7.9633 743
506	25 60 36	129 554 246	22.4944 438	7.9686 271
507	25 70 49	130 323 843	22.5166 605	7.9738 731
508	25 80 64	131 096 512	22.5388 553	7.9791 122
509	25 90 81	131 872 229	22.5610 283	7.9843 444
510	26 01 00	132 651 000	22.5831 796	7.9895 697
511	26 11 21	133 432 831	22.6053 091	7.9947 883
512	26 21 44	134 217 728	22.6274 17	8.
513	26 31 69	135 005 697	22.6495 033	8.0052 049
514	26 41 96	135 796 744	22.6715 681	8.0104 032
515	26 52 25	136 590 875	22.6936 114	8.0155 946
516	26 62 56	137 388 096	22.7156 334	8.0207 794
517	26 72 89	138 188 413	22.7376 340	8.0259 574

Carrés et cubes, Racines carrées et cubiques.
(Suite)

Nombre	Carré	Cube	Racine carrée	Rac. cubique
518	26 83 24	138 991 832	22.7596 134	8.0311 287
519	26 93 61	139 798 359	22.7815 715	8.0362 935
520	27 04 00	140 608 000	22,8035 085	8.0414 515
521	27 14 41	141 420 761	22.8254 244	8.0466 03
522	27 24 84	142 236 648	22.8473 193	8.0517 479
523	27 35 29	143 055 667	22.8691 933	8.0568 862
524	27 45 76	143 877 824	22.8910 463	8.0620 18
525	27 56 25	144 703 125	22.9128 785	8.0671 432
526	27 66 76	145 531 576	22.9346 890	8.0722 62
527	27 77 29	146 363 183	22.9564 806	8.0773 743
528	27 87 84	147 197 952	22.9782 506	8.0824 8
529	27 98 41	148 035 889	23.	8.0875 794
530	28 09 00	148 877 000	23.0217 289	8.0926 723
531	28 19 61	149 721 291	23.0434 372	8.0977 589
532	28 30 24	150 568 768	23.0651 252	8.1028 39
533	28 40 89	151 419 437	23.0867 928	8.1079 128
534	28 51 56	152 273 304	23.1084 4	8.1129 803
535	28 62 25	153 130 375	23.1300 67	8.1180 414
536	28 72 96	153 990 656	23.1516 738	8.1230 962
537	28 83 69	154 854 153	23.1732 605	8.1281 447
538	28 94 44	155 720 872	23.1948 27	8,1331 87
539	29 05 21	156 590 819	23.2163 735	8.1382 23
540	29 16 00	157 464 000	23.2379 001	8.1432 529
541	29 26 81	158 340 421	23.2594 067	8.1482 765
542	29 37 64	159 220 088	23.2808 935	8.1532 939
543	29 48 49	160 103 007	23.3023 604	8.1583 051
544	29 59 36	160 989 184	23.3238 076	8.1633 102
545	29 70 25	161 878 625	23.3452 351	8.1683 092
546	29 81 16	162 771 336	23.3666 429	8.1733 02
547	29 92 09	163 667 323	23.3880 311	8.1782 888
548	30 03 04	164 566 592	23.4093 998	8.1832 695
549	30 14 01	165 469 149	23.4307 49	8.1882 441
550	30 25 00	166 375 000	23.4520 788	8.1932 127
551	30 36 01	167 284 151	23.4733 892	8.1981 753
552	30 47 04	168 196 608	23.4946 802	8.2031 319
553	30 58 09	169 112 377	23.5159 52	8,2080 825
554	30 69 16	170 031 464	23.5372 046	8.2130 271
555	30 80 25	170 953 875	23.5584 38	8.2179 657
556	30 91 36	171 879 616	23.5796 522	8.2228 985
557	31 02 49	172 808 693	23.6008 474	8.2278 254
558	31 13 64	173 741 112	23.6220 236	8.2327 463
559	31 24 81	174 676 879	23.6431 808	8.2376 614
560	31 36 00	175 616 000	23.6443 191	8.2425 706
561	31 47 21	176 558 481	23.6854 386	8.2474 74
562	31 58 44	177 504 328	23.7065 392	8.2523 715
563	31 69 69	178 453 547	23.7276 21	8.2572 635
564	31 80 96	179 406 144	23.7486 842	8.2621 492

Carrés et cubes, Racines carrées et cubiques
(Suite)

Nombre	Carré	Cube	Racine carrée	Rac. cubique
565	31 92 25	180 162 125	23.7697 286	8.2670 294
566	32 03 56	181 321 496	23.7907 545	8.2719 039
567	32 14 89	182 284 263	23.8117 618	8.2767 726
568	32 26 24	183 250 432	23.8327 506	8.2816 255
569	32 37 61	184 220 009	23.8537 209	8.2864 928
570	32 49 00	185 193 000	23.8746 728	8.2913 444
571	32 60 41	186 169 411	23.8956 063	8.2961 903
572	32 71 84	187 149 248	23.9165 215	8.3010 304
573	32 83 29	188 132 517	23.9374 184	8.3058 651
574	32 94 76	189 119 224	23.9582 971	8.3106 941
575	33 06 25	190 109 375	23.9791 576	8.3155 175
576	33 17 76	191 102 976	24.	8.3203 353
577	33 29 29	192 100 033	24.0208 243	8.3251 475
578	33 40 84	193 100 552	24.0416 306	8.3299 542
579	33 52 41	194 104 539	24.0624 188	8.3347 553
580	33 64 [illegible]	195 112 000	24.0831 891	8.3395 509
581	33 75 01	196 122 941	24.1039 416	8.3443 41
582	33 87 24	197 137 368	24.1246 762	8.3491 250
583	33 98 89	198 155 287	24.1453 929	8.3539 047
584	34 10 56	199 176 704	24.1660 919	8.3586 784
585	34 22 25	200 201 625	24.1867 732	8.3634 466
586	34 33 96	201 230 056	24.2074 369	8.3682 095
587	34 45 69	202 262 003	24.2280 829	8.3729 668
588	34 57 44	203 297 472	24.2487 113	8.3777 188
589	34 69 21	204 336 469	24.2693 222	8.3824 653
590	34 81 00	205 379 000	24.2899 156	8.3872 065
591	34 92 81	206 425 071	24.3104 916	8.3919 423
592	35 04 64	207 474 688	24.3310 501	8.3966 7[illegible]
593	35 16 49	208 527 857	24.3515 913	8.4013 981
594	35 28 36	209 584 584	24.3721 152	8.4061 180
595	35 40 25	210 644 875	24.3926 218	8.4108 326
596	35 52 16	211 708 736	24.4131 112	8.4155 419
597	35 64 09	212 776 173	24.4335 834	8.4202 46
598	35 76 04	213 847 192	24.4540 385	8.4249 448
599	35 88 01	214 921 799	24.4744 765	8.4296 383
600	36 00 00	216 000 000	24.4948 974	8.4343 267
601	36 12 01	217 081 801	24.5153 013	8.4390 098
602	36 24 04	218 167 208	24.5356 883	8.4436 877
603	36 36 09	219 256 227	24.5560 583	8.4483 605
604	36 48 16	220 348 864	24.5764 115	8.4530 281
605	36 60 25	221 445 125	24.5967 478	8.4576 906
606	36 72 36	222 545 016	24.6170 673	8.4623 479
607	36 84 49	223 648 543	24.6373 7	8.467
608	36 96 64	224 755 712	24.6576 56	8.4716 471
609	37 08 81	225 866 529	24.6779 254	8.4762 892
610	37 21 00	226 981 000	24.6981 781	8.4809 261
611	37 33 21	228 099 131	24.7184 142	8.4855 579

Carrés et cubes, Racines carrées et cubiques
(*Suite*)

Nombre	Carré	Cube	Racine carrée	Rac. cubique
612	37 45 44	229 220 928	24.7386 338	8.4901 848
613	37 57 69	230 346 397	24.7588 368	8.4948 065
614	37 69 96	231 475 544	24.7790 234	8.4994 233
615	37 82 25	232 608 375	24.7991 935	8.5040 35
616	37 94 56	233 744 896	24.8193 473	8.5086 417
617	38 06 89	234 885 113	24.8394 847	8.5132 435
618	38 19 24	236 029 032	24.8596 058	8.5178 403
619	38 31 61	237 176 659	24.8797 106	8.5224 321
620	38 44 00	238 328 000	24.8997 992	8.5270 189
621	38 56 41	239 483 061	24.9198 716	8.5316 009
622	38 68 84	240 641 848	24.9399 278	8.5361 78
623	38 81 29	241 804 367	24.9599 679	8.5407 501
624	38 93 76	242 970 624	24.9799 92	8.5453 173
625	39 06 25	244 140 625	25.	8.5498 797
626	39 18 76	245 134 376	25.0199 92	8.5544 372
627	39 31 29	246 491 883	25.0399 681	8.5589 899
628	39 43 84	247 673 152	25.0599 282	8.5635 377
629	39 56 41	248 858 189	25.0798 724	8.5680 807
630	39 69 00	250 047 000	25.0998 008	8.5726 189
631	39 81 61	251 239 591	25.1197 134	8.5771 523
632	39 94 24	252 435 968	25.1396 102	8.5816 809
633	40 06 89	253 636 137	25.1594 913	8.5862 047
634	40 19 56	254 840 104	25.1793 566	8.5907 238
635	40 32 25	256 047 875	25.1992 063	8.5952 38
636	40 44 96	257 259 456	25.2190 404	8.5997 476
637	40 57 69	258 474 853	25.2388 589	8.6042 525
638	40 70 44	259 694 072	25.2586 619	8.6087 526
639	40 83 21	260 917 119	25.2784 493	8.6132 48
640	40 96 00	262 144 000	25.2982 213	8.6177 388
641	41 08 81	263 374 721	25.3179 778	8.6222 248
642	41 21 64	264 609 288	25.3377 189	8.6267 063
643	41 34 49	265 847 707	25.3574 447	8.6311 83
644	41 47 36	267 089 984	25.3771 551	8.6356 551
645	41 60 25	268 336 125	25.3968 502	8.6401 226
646	41 73 16	269 585 136	25.4165 301	8.6445 855
647	41 86 09	270 840 023	25.4361 947	8.6490 437
648	41 99 04	272 097 792	25.4558 441	8.6534 974
649	42 12 01	273 359 549	25.4754 784	8.6579 465
650	42 25 00	274 625 000	25.4950 976	8.6623 911
651	42 38 01	275 894 451	25.5147 016	8.6668 31
652	42 51 04	277 167 808	25.5342 907	8.6712 665
653	42 64 09	278 445 077	25.5538 647	8.6756 974
654	42 77 16	279 726 264	25.5734 237	8.6801 237
655	42 90 25	281 011 375	25.5929 678	8.6845 456
656	43 03 36	282 300 416	25.6124 969	8.6889 63
657	43 16 49	283 593 393	25.6320 112	8.6933 759
658	43 29 64	284 890 312	25.6515 107	8.6977 843

Carrés et cubes, Racines carrées et cubiques
(*Suite*)

Nombre	Carré	Cube	Racine carrée	Rac. Cubique
659	43 42 81	286 191 179	25.6709 953	8.7021 882
660	43 56 00	287 496 000	25.6904 652	8.7065 877
661	43 69 21	288 804 781	25.7099 203	8.7109 827
662	43 82 44	290 117 528	25.7293 607	8.7153 734
663	43 95 69	291 434 247	25.7487 864	8.7197 596
664	44 08 96	292 754 944	25.7681 975	8.7241 414
665	44 22 25	294 079 625	25.7875 939	8.7285 187
666	44 35 56	295 408 296	25.8069 758	8.7328 918
667	44 48 89	296 740 963	25.8263 431	8.7372 604
668	44 62 24	298 077 632	25.8456 96	8.7416 246
669	44 75 61	299 418 309	25.8650 343	8.7459 846
670	44 89 00	300 763 000	25.8843 582	8.7503 401
671	45 02 41	302 111 711	25.9036 677	8.7546 913
672	45 15 84	303 464 448	25.9229 628	8.7590 383
673	45 29 29	304 821 217	25.9422 435	8.7633 809
674	45 42 76	306 182 024	25.9615 1	8.7677 192
675	45 56 25	307 546 875	25.9807 621	8.7720 532
676	45 69 76	308 915 776	26.	8.7763 83
677	45 83 29	310 288 733	26.0192 237	8.7807 084
678	45 96 84	311 665 752	26.0384 331	8.7850 296
679	46 10 41	313 046 839	26.0576 284	8.7893 466
680	46 24 00	314 432 000	26.0768 096	8.7936 593
[illegible]	46 37 61	315 821 241	26.0959 767	8.7979 679
[illegible]	46 51 24	317 214 568	26.1151 297	8.8022 721
[illegible]	46 64 89	318 611 987	26.1342 687	8.8065 722
684	46 78 56	320 013 504	26.1533 937	8.8108 681
685	46 92 25	321 419 125	26.1725 047	8.8151 598
686	47 05 96	322 828 856	26.1916 017	8.8194 474
687	47 19 69	324 242 703	26.2106 848	8.8237 307
688	47 33 44	325 660 672	26.2297 541	8.8280 099
689	47 47 21	327 082 769	26 2488 095	8.8322 85
690	47 61 00	328 509 000	26.2678 511	8.8365 559
691	47 74 81	329 939 371	26.2868 789	8.8408 227
692	47 88 64	331 373 888	26.3058 929	8.8450 854
693	48 02 49	332 812 557	26.3248 932	8.8493 44
694	48 16 36	334 255 384	26.3438 797	8.8535 985
695	48 30 25	335 702 375	26.3628 527	8.8578 489
696	48 44 16	337 153 536	26.3818 119	8.8620 952
697	48 58 09	338 608 873	26.4007 576	8.8663 375
698	48 72 04	340 068 392	26.4196 896	8.8705 757
699	48 86 01	341 532 099	26.4386 081	8.8748 099
700	49 00 00	343 000 000	26.4575 131	8.8790 4
701	49 14 01	344 472 101	26.4764 046	8.8832 661
702	49 28 04	345 948 408	26.4952 826	8.8874 882
703	49 42 09	347 428 927	26.5141 472	8.8917 063
704	49 56 16	348 913 664	26.5329 983	8.8959 204
705	49 70 25	350 402 625	26.5518 361	8.9001 304

Carrés et cubes, Racines carrées et cubiques
(*Suite*)

Nombre	Carré	Cube	Racine carrée	Rac. cubique
706	49 84 36	351 895 816	26.5706 605	8.9043 366
707	49 98 49	353 393 243	26.5894 716	8.9085 387
708	50 12 64	354 894 912	26.6082 694	8.9127 369
709	50 26 81	356 400 829	26.6270 539	8.9169 311
710	50 41 00	357 911 000	26.6458 252	8.9211 214
711	50 55 21	359 425 431	26.6645 833	8.9253 078
712	50 69 44	360 944 128	26.6833 281	8.9294 902
713	50 83 69	362 467 097	26.7020 598	8.9336 687
714	50 97 96	363 994 344	26.7207 784	8.9378 433
715	51 12 25	365 525 875	26.7394 839	8.9420 14
716	51 26 56	367 061 696	26.7581 763	8.9461 809
717	51 40 89	368 601 813	26.7768 557	8.9503 438
718	51 55 24	370 146 232	26.7955 22	8.9545 029
719	51 69 61	371 694 959	26.8141 754	8.9586 581
720	51 84 00	373 248 000	26.8328 157	8.9628 095
721	51 98 41	374 805 361	26.8514 432	8.9669 57
722	52 12 84	376 367 048	26.8700 577	8.9711 007
723	52 27 29	377 933 067	26.8886 593	8.9752 406
724	52 41 76	379 503 434	26.9072 481	8.9793 766
725	52 56 25	381 078 125	26.8258 24	8.9835 089
726	52 70 76	382 657 176	26.9443 872	8.9876 373
727	52 85 29	384 240 583	26.9629 375	8.9917 62
728	52 99 84	385 828 352	26.9814 751	8.9958 809
729	53 14 41	387 420 489	27.	9.
730	53 29 00	389 017 000	27.0185 122	9.0041 134
731	53 43 61	390 617 891	27.0370 117	9.0082 229
732	53 58 24	392 223 168	27.0554 985	9.0123 288
733	53 72 89	393 832 837	27.0739 727	9.0164 309
734	53 87 56	395 446 904	27.0924 344	9.0205 293
735	54 02 25	397 065 375	27.1108 834	9.0246 239
736	54 16 96	398 688 256	27.1293 199	9.0287 149
737	54 31 69	400 315 553	27.1477 439	9.0328 021
738	54 46 44	401 947 272	27.1661 554	9.0368 857
739	54 61 21	403 583 419	27.1845 544	9.0409 655
740	54 76 00	405 224 000	27.2029 41	9.0450 417
741	54 90 81	406 869 021	27.2213 152	9.0491 142
742	55 05 64	408 518 488	27.2396 769	9.0531 831
743	55 20 49	410 172 407	27.2580 263	9.0572 482
744	55 35 36	411 830 784	27.2763 634	9.0613 098
745	55 50 25	413 493 625	27.2946 881	9.0653 677
746	55 65 16	415 160 936	27.3130 006	9.0694 22
747	55 80 09	416 832 723	27.3313 007	9.0734 726
748	55 95 04	418 508 992	27.3495 887	9.0775 197
749	56 10 01	420 189 749	27.3678 644	9.0815 631
750	56 25 00	421 875 000	27.3861 279	9.0856 03
751	56 40 01	423 564 751	27.4043 792	9.0896 352
752	56 55 04	425 259 008	27.4226 184	9.0936 719

Carrés et cubes, Racines carrées et cubiques
(Suite)

Nombre	Carré	Cube	Racine carrée	Rac. cubique
753	56 70 09	426 957 777	27.4408 455	9.0977 91
754	56 85 16	428 661 064	27.4590 604	9.1017 265
755	57 00 25	430 368 875	27.4772 633	9.1057 485
756	57 15 36	432 081 216	27.4954 542	9.1097 669
757	57 30 49	433 798 093	27.5136 33	9.1137 818
758	57 45 64	435 519 512	27.5317 998	9.1177 931
759	57 60 81	437 245 479	27.5499 546	9.1218 01
760	57 76 00	438 976 000	27.5980 975	9.1258 053
761	57 91 21	440 711 081	27.5862 284	9.1298 061
792	58 06 44	442 450 728	27.6043 475	9.1338 034
763	58 21 69	444 194 947	27.6224 546	9.1377 971
764	58 36 96	445 943 744	27.6405 499	9.1417 874
765	58 52 25	447 697 125	27.6586 334	9.1457 742
766	58 67 56	449 455 096	27.6767 05	9.1497 576
767	58 82 89	451 217 663	27.6947 648	9.1537 375
768	58 98 24	452 984 832	27.7128 129	9.1577 139
769	59 13 61	454 756 609	27.7308 492	9.1616 869
770	59 29 00	456 533 000	27.7488 739	9.1656 565
771	59 44 41	458 314 011	27.7668 868	9.1696 225
772	59 59 84	460 099 648	27.7848 88	9.1735 852
773	59 75 29	461 889 917	27.8028 775	9.1775 445
774	59 90 76	463 684 824	27.8208 555	9.1815 003
775	60 06 25	465 484 375	27.8388 218	9.1854 527
776	60 21 76	467 288 576	27.8567 766	9.1894 018
777	60 37 29	469 097 433	27.8747 187	9.1933 474
778	60 52 84	470 910 952	27.8926 514	9.1972 897
779	60 68 41	472 729 139	27.9105 715	9.2012 286
780	60 84 00	474 552 000	27.9284 801	9.2051 641
781	60 99 61	476 379 541	27.9463 772	9.2090 962
782	61 15 24	478 211 768	27.9642 629	9.2130 25
783	61 30 89	480 048 687	27.9821 372	9.2169 505
784	61 46 56	481 890 304	28.	9.2208 726
785	61 62 25	483 736 625	28.0178 515	9.2247 914
786	61 77 96	485 587 656	28.0356 915	9.2287 068
787	61 93 69	487 443 403	28.0535 203	9.2326 189
788	62 09 44	489 303 872	28.0713 377	9.2365 277
789	62 25 21	491 169 069	28.0891 438	9.2404 333
790	62 41 00	493 039 000	28.1069 386	9.2443 355
791	62 56 81	494 918 671	28.1247 222	9.2482 344
792	62 72 64	496 793 088	28.1424 946	9.2521 3
793	62 88 49	498 677 257	28.1602 557	9.2560 224
794	63 04 36	500 566 184	28.1780 056	9.2599 114
795	63 20 25	502 459 875	28.1957 444	9.2637 973
796	63 36 16	504 358 336	28.2134 72	9.2676 798
797	63 52 09	506 261 573	28.2311 884	9.2715 592
798	63 68 04	508 169 592	28.2488 938	9.2754 352
799	63 84 01	510 082 399	28.2665 881	9.2793 081

Carrés et cubes, Racines carrées et cubiques
(Suite)

Nombre	Carré	Cube	Racine carrée	Rac. cubique
800	64 00 00	512 000 000	28.2842 712	9.2831 777
801	64 16 01	513 922 401	28.3019 434	9.2870 44
802	64 32 04	515 849 608	28.3196 045	9.2909 072
803	64 48 09	517 781 627	28.3372 546	9.2947 671
804	64 64 16	519 718 464	28.3548 938	9 2986 239
805	64 80 25	521 660 125	28.3725 219	9.3024 775
806	64 96 36	523 606 616	28.3901 391	9.3063 278
807	65 12 49	525 557 943	28.4077 454	9.3101 75
808	65 28 64	527 514 112	28.4253 408	9.3140 19
809	65 44 81	529 475 129	28.4429 253	9.3178 599
810	65 61 00	531 441 000	28.4604 989	9.3216 975
811	65 77 21	533 411 731	28.4780 617	9.3255 32
812	65 93 44	535 387 328	28.4956 137	9.3293 634
813	66 09 69	537 367 797	28.5131 549	9.3331 916
814	66 25 96	539 353 144	28.5306 852	9.3370 167
815	66 42 25	541 343 375	28.5482 048	9.3408 386
816	66 58 56	543 338 496	28.5657 137	9.3446 575
817	66 74 89	545 338 513	28,5832 119	9.3484 731
818	66 91 24	547 343 432	28.6006 993	9.3522 857
819	67 07 61	549 353 239	28.6181 76	9.3560 952
820	67 24 00	551 368 000	28.6356 421	9.3599 016
821	67 40 41	553 387 661	28.6530 976	9.3637 049
822	67 56 84	555 412 248	28.6705 424	9.3675 051
823	67 73 29	557 441 767	28.6879 766	9.3713 022
824	67 89 76	559 476 224	28.7054 002	9.3750 963
825	68 06 25	561 515 625	28.7228 132	9.3788 873
826	68 22 76	563 559 976	28.7402 157	9.3826 752
827	68 39 29	565 609 283	28.7576 077	9.3864 6
828	68 55 84	567 663 552	28.7749 891	9.3902 419
829	68 72 41	569 722 789	28.7923 601	9.3940 206
830	68 89 00	571 787 900	28.8097 206	9.3977 964
831	69 05 61	573 756 191	28.8270 706	9.4015 691
832	69 22 24	575 930 368	28.8444 102	9.4053 387
833	69 38 89	578 009 537	28.8617 394	9.4091 054
834	69 55 56	580 093 704	28.8790 582	9.4128 69
835	69 72 25	582 182 875	28.8963 666	9.4166 297
836	69 88 96	584 277 056	28.9136 646	9.4203 873
837	70 05 69	586 376 253	28.9309 523	9.4241 42
838	70 22 44	588 480 472	28.9482 297	9.4278 936
839	70 39 21	590 589 719	28.9654 967	9.4316 423
840	70 56 00	592 704 000	28.9827 535	9.4353 8
841	70 72 81	594 823 321	29. [illegible]	9.4391 307
842	70 89 64	596 947 688	29.0172 363	9 4428 704
843	71 06 49	599 077 107	29.0344 623	9.4466 072
844	71 23 36	601 211 584	29.0516 781	9.4503 41
845	71 40 25	603 351 125	29.0688 837	9.4540 719
846	71 57 16	605 495 736	29.0860 791	9.4577 999

Carrés et cubes, Racines carrées et cubiques
(*Suite*)

Nombre	Carré	Cube	Racine carrée	Rac. cubique
847	71 74 09	607 645 423	29.1032 644	9.4615 249
848	71 91 04	609 800 192	29.1204 396	9.4652 47
849	72 08 01	611 960 049	29.1376 046	9.4789 661
850	72 25 00	614 125 000	29.1547 595	9.4726 824
851	72 42 01	616 295 051	29.1719 043	9.4763 957
852	72 59 04	618 470 208	29.1890 39	9.4801 061
853	72 76 09	620 650 477	29.2061 637	9.4838 136
854	72 93 16	622 835 864	29.2232 784	9.4875 182
855	73 10 25	625 026 375	29.2403 83	9.4912 2
856	73 27 36	627 222 016	29.2574 777	9.4949 188
857	73 44 49	629 422 793	29.2745 623	9.4986 147
858	73 61 64	631 628 712	29.2916 37	9.5023 078
859	73 78 81	633 839 779	29.3087 018	9.5059 98
860	73 96 00	636 056 000	29.3257 566	9.5096 854
861	74 13 21	638 277 381	29.3428 015	9.5133 699
862	74 30 44	640 503 928	29.3598 365	9.5170 515
863	74 47 69	642 735 647	29.3768 616	9.5207 303
864	74 64 96	644 972 544	29.3938 769	9.5244 063
865	74 82 25	647 214 625	29.4108 823	9.5280 794
866	74 99 56	649 461 896	29.4278 779	9.5317 497
867	75 16 89	651 714 363	29.4448 637	9.5354 172
868	75 34 24	653 972 032	29.4618 397	9.5390 818
869	75 51 61	656 234 909	29.4788 059	9.5427 437
870	75 69 00	658 503 000	29.4957 624	9.5464 027
871	75 86 41	660 776 311	29.5127 091	9.5500 589
872	76 03 84	663 054 848	29.5296 461	9.5537 123
873	76 21 29	665 338 617	29.5465 734	9.5573 63
874	76 38 76	667 627 624	29.5634 91	9.5610 108
875	76 56 25	669 921 875	29.5803 989	9.5646 559
876	76 73 76	672 221 376	29.5972 972	9.5682 982
877	76 91 29	674 526 133	29.6141 858	9.5719 377
878	77 08 84	676 836 152	29.6310 648	9.5755 745
879	77 26 41	679 151 439	29.6479 342	9.5792 085
880	77 44 00	681 472 000	29.6647 939	9.5828 397
881	77 61 61	683 797 841	29.6816 442	9.5864 682
882	77 79 24	686 128 968	29.5984 848	9.5900 937
883	77 96 89	688 465 387	29.7153 159	9.5937 169
884	78 14 56	690 807 104	29.7321 375	9.5973 373
885	78 32 25	693 154 125	29.7489 496	9.6009 548
886	78 49 96	695 506 456	29.7557 521	9.6045 696
887	78 67 79	697 864 103	29.7825 452	9.6081 817
888	78 85 44	700 227 072	29.7993 289	9.6117 911
889	79 03 21	702 595 369	29.8161 03	9.6153 977
890	79 21 00	704 969 000	29.8328 678	9.6190 017
891	79 38 81	707 347 971	29.8496 231	9.6226 03
892	79 56 64	709 732 288	29.8663 69	9.6262 016
893	79 74 49	712 121 957	29.8331 056	9.6297 975

Carrés et cubes, Racines carrées et cubiques
(*Suite*)

Nombre	Carré	Cube	Racine carrée	Rac. cubique
894	79 92 36	714 516 984	29.8998 328	9.6333 907
895	80 10 25	716 917 375	29.9165 506	9.6369 81[illegible]
896	80 28 16	719 823 136	29.9332 591	9.6405 69
897	80 46 09	721 734 273	29.9499 583	9.6441 542
898	80 64 04	724 150 792	29 9666 481	9.6477 367
899	80 82 01	726 572 699	29.9833 287	9.6513 166
900	81 00 00	729 000 000	30.	9.6548 938
901	81 18 01	731 432 701	30.0166 62	9.6584 684
902	81 36 04	733 870 808	30.0333 148	9.6620 403
903	81 54 09	736 314 327	30.0499 584	9.6656 096
904	81 72 16	738 763 264	30.0665 928	9.6691 762
905	81 90 25	741 217 625	30.0832 179	9.6727 403
906	82 08 36	743 677 416	30.0998 339	9.6763 017
907	82 26 49	746 142 643	30.1164 407	9.6798 604
908	82 44 64	748 613 312	30.1330 383	9.6834 166
909	82 62 81	751 089 429	30.1496 269	9.6869 701
910	82 81 00	753 571 000	30.1662 063	9.6905 211
911	82 99 21	756 058 031	30.1827 765	9.6940 694
912	83 17 44	758 550 825	30.1993 377	9.6976 151
913	83 35 69	761 048 497	30.2158 899	9.7011 583
914	83 53 96	763 551 944	30.2324 329	9.7046 989
915	83 72 25	766 060 875	30.2489 669	9.7082 369
916	83 90 56	768 575 296	30.2654 919	9.7117 723
917	84 08 89	771 095 213	30.2820 079	9.7153 051
918	84 27 24	773 620 632	30.2985 148	9.7188 354
919	84 45 61	776 151 559	30.3150 128	9.7223 631
920	84 64 00	778 688 000	30.3315 018	9.7258 883
921	84 82 41	781 229 961	30.3479 818	9.7294 109
922	85 00 84	783 777 448	30.3644 529	9.7329 309
923	85 19 29	786 330 467	30.3809 151	9.7364 484
924	85 37 76	788 889 024	30.3973 683	9.7399 634
925	85 56 25	791 453 125	30.4138 127	9.7434 758
926	85 74 76	794 022 776	30.4302 481	9.7469 857
927	85 93 29	796 597 983	30.4466 747	9.7504 93
928	86 11 84	799 178 752	30.4630 924	9.7539 979
929	86 30 41	801 765 089	30.4795 013	9.7575 002
930	86 49 00	804 357 000	30.4959 014	9.7610 001
931	86 [illegible] 61	806 954 491	30.5122 926	9.7644 974
932	86 86 24	809 557 568	30.5286 75	9.7679 922
933	87 04 89	812 166 237	30.5450 487	9.7714 845
934	87 23 56	814 780 504	30.5614 136	9.7749 743
935	87 42 25	817 400 375	30.5777 697	9.7784 616
936	87 60 96	820 025 856	30.5941 171	9.7829 466
937	87 79 69	822 656 953	30.6104 557	9.7854 288
938	87 98 44	825 293 672	30.9267 857	9.7889 087
939	88 17 21	827 936 019	30.6431 069	9.7923 861
940	88 36 00	83058 4 000	30.6594 194	9.7958 611

Carrés et cubes, Racines carrées et cubiques
(Suite)

Nombre	Carré	Cube	Racine carrée	Rac. Cubique
941	88 54 81	833 237 621	30.6757 233	9.7993 336
942	88 73 64	835 896 888	30.6920 185	9,8028 036
943	88 92 49	838 561 807	30.7083 051	9.8062 711
944	89 11 36	841 232 384	30.7245 83	9,8097 362
945	89 30 25	843 908 625	30.7408 523	9.8131 989
946	89 49 16	846 590 536	30.7571 13	9.8166 591
947	89 68 09	849 278 123	30.7733 651	9.8201 169
948	89 87 04	851 971 392	30.7896 086	9.8235 723
949	90 06 01	854 670 349	30.8058 436	9.8270 252
950	90 25 00	857 375 000	30.8220 7	9.8304 757
951	90 44 01	860 085 351	30.8382 879	9.8339 238
952	90 63 04	862 801 408	30.8544 972	9.8373 695
953	90 82 09	865 523 177	30.8706 981	9.8408 127
954	91 01 16	868 250 664	30.8868 904	9.8442 536
955	91 20 25	870 983 875	30.9030 743	9.8476 92
956	91 39 36	873 722 816	30.9192 477	9.8511 28
957	91 58 49	876 467 493	30.9354 166	9.8545 617
958	91 77 64	879 217 912	30.9515 751	9.8579 929
959	91 96 81	881 974 079	30.9677 251	9.8614 218
960	92 16 00	884 736 000	30.9838 668	9.8648 483
961	92 35 21	887 503 681	31.	9.8682 724
962	92 54 44	890 277 128	31.0161 248	9.8716 941
963	92 73 69	893 056 347	31.0322 413	9.8751 135
964	92 92 96	895 841 344	31.0483 494	9.8785 305
965	93 12 25	898 632 125	31.0644 491	9.8819 451
966	93 31 56	901 428 696	31.0805 405	9.8853 574
967	93 50 89	904 231 063	31.0966 236	9.8887 673
968	93 70 24	907 039 232	31.1126 984	9.8921 749
969	93 89 61	909 853 209	31.1287 648	9.8955 801
970	94 09 00	912 673 000	31.1448 23	9.8989 83
971	94 28 41	915 498 611	31.1608 729	9.9023 835
972	94 47 84	918 330 048	31.1769 145	9.9057 817
973	94 67 29	921 167 317	31.1929 479	9.9091 776
974	94 86 76	924 010 424	31.2089 731	9.9125 712
975	95 06 25	926 859 375	31 2249 9	9.9159 624
976	95 25 76	929 714 176	31.2409 987	9.9193 513
977	95 45 29	932 574 833	31.2569 992	9.9227 379
978	95 64 84	935 441 352	31.2729 915	9.9261 222
979	95 84 41	938 313 739	31.2889 757	9.9295 042
980	96 04 00	941 192 000	31.3049 517	9.9328 839
981	96 23 61	944 076 141	31.3209 195	9.9362 613
982	96 43 24	946 966 168	31.3368 792	9.9396 363
983	96 62 89	949 862 087	31.3528 308	9.9430 092
984	96 82 56	952 763 904	31.3687 743	9.9463 797
985	97 02 25	955 671 625	31.3847 097	9.9497 479
986	97 21 96	958 585 256	31.4006 369	9.9531 138
987	97 41 69	961 504 803	31.4165 561	9.9564 775

Carrés et cubes, Racines carrées et cubiques
(Suite)

Nombre	Carré	Cube	Racine carrée	Rac. cubique
988	97 61 44	964 430 272	31.4324 673	9.9598 389
989	97 81 21	967 361 669	31.4483 704	9.9631 981
990	98 01 00	970 299 000	31,4642 654	9·9665 549
991	98 20 81	973 242 271	31.4801 525	9.9699 095
992	98 40 64	976 191 488	31.4960 315	9.9732 619
993	98 60 49	979 146 657	31.5119 025	9.9766 12
994	98 80 36	982 107 784	31.5277 655	9.9799 599
995	99 00 25	985 074 875	31.5436 206	9.9833 055
996	99 20 16	988 047 936	31.5594 677	9.9866 488
997	99 40 09	991 026 973	31.5753 068	9.9899 9
998	99 60 04	994 011 992	31.5911 38	9.9933 289
999	99 80 01	997 002 999	31,6069 613	9.9966 656
1000	1 00 00 00	1 000 000 000	31.6227 766	10.

EXAMEN VERBAL

LA CHALEUR

1. Quelle est la source du pouvoir dans une machine à vapeur ?
R. C'est la chaleur obtenue du combustible.

2. Comment obtient-on cette chaleur ?
R. En consumant le combustible. Celui qui est le plus en usage, est le charbon.

3. Quelle est la composition de charbon ?
R. Le charbon de terre renferme : du carbone, de l'hydrogène, du nitrogène ou azote, du soufre, de l'oxygène, et les éléments de la cendre.

4. Pouvez-vous donner les proportions relatives de chacun des èléments qui constituent le charbon ?
R. Ces éléments ont différentes proportions pour chaque espèce de charbon; la table suivante expose les moyennes pour cent :—*

	Welsh	Lancashire	Newcastle	Ecossais	Moyenne
Carbone	85	80	81	78½	81
Hydrogène	5	5	5½	5½	5¼
Azote	1	1	1½	1	1
Soufre	1	2	1½	1	1½
Oxygène	3	7	6½	9½	6½
Cendre	5	5	4	4½	4¾

* Les auteurs diffèrent un peu dans leurs données ; la table ci-dessus est basée sur les dernières expériences connues.

5. Quelle est la chose la plus nécessaire à la combustion ?
R. L'air atmosphérique.

6. Quelle est la composition de l'air ?
R. L'air est un simple mélange de 79 volumes d'azote et de 21 volumes d'oxygène, pour former 100 volumes d'air ;—ou, en poids 77 d'azote et 23 d'oxygène.

7. Quelle est la fonction de ces éléments ?
R. L'oxygène de l'air entre en combinaison avec le carbone et l'hydrogène du charbon, et il se dégage de l'azote.

8. Combien faut-il d'air pour la combustion du charbon ?
R. 150 pieds cubes d'air pour chaque livre de charbon ; mais en pratique il est nécessaire d'avoir deux fois cette quantité.

9. Quel est, dans le charbon, l'élément qui donne le plus de chaleur ?
R. C'est l'hydrogène, volume pour volume ; mais comme il y a beaucoup plus de carbone que d'hydrogène dans le charbon, le carbone donne une plus grande quantité de chaleur.

10. De combien de manières la chaleur est-elle transmise ?
R. Par la radiation, par la conduction et par l'émission.

11. Expliquez comment la chaleur produite par un foyer ardent se propage à l'eau dans une chaudière pour la changer en vapeur ?
R. 1. La chaleur passe du foyer à travers l'air jusqu'au ciel du fourneau, par radiation.
2. Elle passe par le fer par conduction.
3. Elle est transmise à l'eau par la conductibilité du fer, l'eau en contact avec le fer s'élève, et transmet sa chaleur à d'autre eau par conduction ; mais la circulation constante de l'eau est maintenue par l'émission de la chaleur.

12. Qu'est-ce que l'eau ?
R. L'eau est une composition chimique d'hydrogène et d'oxygène, dont les proportions en poids sont : 8 d'oxygène pour 1 d'hydrogène.

13. Quelle distinction y a-t-il à faire dans la chaleur ?
R. Il faut distinguer la chaleur latente et la chaleur sensible.

14. Qu'est-ce que la chaleur sensible ?
R. C'est la chaleur qui affecte le thermomètre.

15. Que signifie l'expression chaleur latente ?
R. L'expression chaleur latente signifie chaleur cachée : c'est la chaleur qui n'affecte pas le thermomètre.

16. Dans quelles circonstances un corps peut-il acquérir de la chaleur latente ?
R. C'est en passant de l'état solide à l'état liquide, ou en passant de l'état liquide à l'état gazeux.

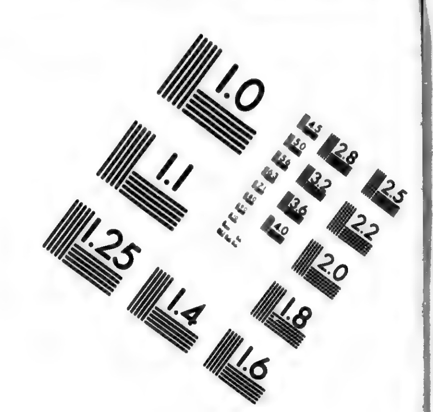
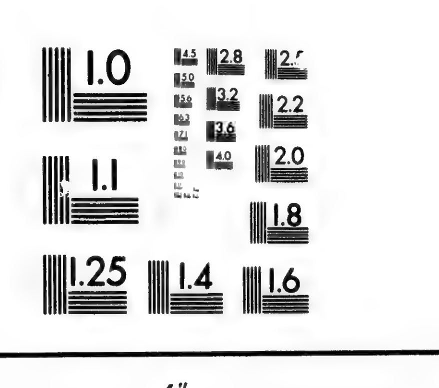


IMAGE EVALUATION TEST TARGET (MT-3)



6"



17. De quelle manière la chaleur latente peut-elle être constatée ?

R. Lorsqu'un corps passe de l'état gazeux à l'état liquide, ou de l'état liquide à l'état solide.

18. Quel est le corps qu'on voit le plus souvent sous les trois formes de solide, de liquide et de gaz ?

R. C'est l'eau. Elle est solide en glace, liquide en eau, et gazeuse en vapeur.

19. Prouvez l'existence de la chaleur latente ?

R. La chaleur latente se manifeste dans le phénomène physique ci-après : la glace pilée, ou la neige fondante indique une température de 32° ; la température reste constante pendant toute la durée de la fusion, quelle que soit l'intensité de la source de chaleur ; toute cette chaleur absorbée pendant la fusion, sans élévation du thermomètre, est la chaleur latente de l'eau.

Si la source de chaleur est constante, dès que la glace est toute fondue, la température s'élèvera graduellement jusqu'à 212° Fahrenheit, et restera à ce point pendant l'ébullition, jusqu'à ce que toute l'eau soit évaporée ; la quantité de chaleur absorbée par l'eau pendant l'ébullition, pour se changer en vapeur, est la chaleur latente de la vapeur.

20. Quelle est la quantité de chaleur latente de l'eau et de la vapeur ?

R. La chaleur latente de l'eau est de 140° F, et celle de la vapeur, à la pression de l'atmosphère, est 960, ordinairement prise pour 1000° Fahrenheit.

21. Comment peut-on s'assurer que la chaleur latente de la vapeur est de 960° ?

R. 1. En plaçant un vase d'eau à 32° sur une source de chaleur, et remarquant le temps écoulé pour élever la température de 32° à 212°, il faudra 5 fois $\frac{1}{3}$ le même temps avant que l'eau soit entièrement évoporée. Pendant le premier espace de temps, supposons 1 heure, l'eau aura reçu 212°—32° ou 180° de chaleur ; en multipliant 180 par $5\frac{1}{3}$, nombre d'heures, on obtient 960, qui est la chaleur latente de la vapeur.

2. Par un autre exemple : on prend deux globes de verre communiquant par un tube ; l'un des globes contient 1 livre d'eau à 32°, et l'autre contient 5 livres $\frac{1}{3}$ d'eau à la même température ; une source de chaleur est appliquée au globe d'une livre jusqu'à ce que toute l'eau soit changée en vapeur, on verra que la vapeur, passant par le tube, sera condensée dans l'autre vase, en cédant sa chaleur à l'eau ; et dès que la dernière goutte d'eau du premier vase sera évaporée, l'eau de l'autre vase commencera à bouillir. Cela est une preuve que la chaleur d'une livre d'eau en vapeur est suffisante pour élever la température de 5 livres $\frac{1}{3}$ d'eau, de 32° au point d'ébullition.

22 Quelle est la conséquence du phénomène de la chaleur latente dans une machine à vapeur ?

R. La conséquence est que, pour former la vapeur, il faut, non

pas seulement 212° de chaleur, mais 966°+212° ou 1178°, soit 5 fois ½ la quantité 212. Il faut donc 5 fois ½ la quantité de combustible, et 5½ fois la quantité d'eau froide pour la condensation.

23. On voit, par la réponse du No 21, que le point de l'ébullition est 212° ; en est-il toujours ainsi ?

R. Non : dans un vase ouvert, la température varie suivant la pression de l'atmosphère, et selon la densité de l'eau (Voir la table des points d'ébullition).

Mais dans un vase clos, la température du point d'ébullition varie suivant la pression.

24. La chaleur latente peut-elle varier comme la chaleur sensible.

R. Oui : la chaleur latente diminue quand la chaleur sensible augmente par la pression.

25. Que signifie le terme " chaleur totale ?"

R. La chaleur totale est la somme de la chaleur latente et de la chaleur sensible.

chaleur latente	966°
chaleur sensible	212°
chaleur totale	1178

26. La chaleur totale peut-elle varier ?

R. Oui : mais très peu.

La table suivante indique, suivant Régnault, la diminution de la chaleur latente, l'augmentation de la chaleur sensible et de la chaleur totale, à différentes pressions, en augmentant par atmosphères.

Pressions	Chaleur sensible	Chaleur latente	Chaleur totale	Volume relatif
15 lbs	212°	966.2	1178.2	1669
30 "	251	939	1190.	881
45 "	275	922.7	1197.7	608
60 "	294	909.2	1203.2	467
75 "	309	898.5	1207.5	381
90 "	320	891.3	1211.3	323

27. Que signifie l'expression " capacité calorifique" ?

R. Cela exprime que certains corps absorbent la chaleur plus rapidement que d'autres ; par exemple, la quantité de chaleur qui élèvera de 1 degré la température d'une livre d'eau, élèvera de 1 degré 30 livres de mercure.

28. Qu'est-ce que la chaleur spécifique ?

R. La chaleur spécifique d'un corps est la quantité qu'il gagne, comparativement à celle que gagne, dans les mêmes circonstances, un égal poids d'eau. On prend, pour unité des chaleurs spé-

cifiques, celle de l'eau ; les nombres qui réprésentent les chaleurs spécifiques ne sont que des rapports.

29. Qu'est-ce qu'un volume de vapeur ?
R. C'est l'espace occupé par un volume d'eau changé en vapeur.

30. Expliquez cela.
R. Un pouce cube d'eau changé en vapeur donnera 1669 pouces cubes de vapeur à la pression de l'atmosphère. Mais à 45 livres de pression, le volume de vapeur, pour un pouce cube d'eau, ne sera que de 608 pouces cubes.
Le volume varie en raison inverse de la pression.

31. Comme la source du pouvoir est la chaleur obtenue du combustible, il en résulte que la chaleur a un effet mécanique : alors quel est l'effet mécanique de la chaleur ?
R. L'effet mécanique de la chaleur est d'élever la température des corps qui absorbent la chaleur.

32. Quelle est l' " Unité " de chaleur ?
R. C'est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré Fahrenheit la température d'une livre d'eau.
La chaleur exige, pour sa production, et produit, par sa disparition, un travail mécanique de 772 livres-pieds pour chaque unité de chaleur.
Un poids de 772 livres, tombant d'un pied de hauteur, aura pour effet mécanique d'élever de 1 degré la température d'une livre d'eau.

33. Puisque la source de la puissance mécanique est dans le combustible, pourquoi se sert-on de la vapeur ?
R. Parce que la vapeur possède des qualités qui en font un agent d'une grande valeur pour la transmission de la chaleur.
34. Qu'est-ce que la vapeur ?
R. C'est un fluide élastique incolore, résultant de la chaleur appliquée à l'eau.

35. Quelles sont donc les grandes qualités de la vapeur comme agent ?
R. 1. Sa grande élasticité ;
2. La facilité avec laquelle elle se condense ;
3. La grande réduction de son volume lorsqu'elle est condensée.

36. Pourquoi condenser la vapeur dans les machines à vapeur ?
R. Pour obtenir un vide ou *vacuum*, et détruire la résistance de la pression atmosphérique à l'échappement de la vapeur, et par là même obtenir plus d'effet de la vapeur.

37. Qu'est-ce qu'un *vacuum* ?
R. Un vide où il n'y a pas de pression.

38. De quelle manière obtient-on un vacuum dans une machine à condenser ?

R. 1. Dans un condenseur à jet : en faisant passer, dans le condenseur un courant de vapeur qui chasse l'air et l'eau qu'il peut contenir ; lorsque la vapeur trouve son issue au "reniflard" le condenseur est chaud ; on ferme le robinet à vapeur, et l'on ouvre le robinet d'injection ; l'eau froide lancée arrive en contact avec la vapeur, la condense, et détermine le vacuum. Lorsque le baromètre indique un vacuum suffisant, il faut fermer les robinets, pour éviter le remplissage du condenseur.

2. Dans un condenseur à surface : on ouvre les passages à la circulation de l'eau un peu d'avance, afin de donner à l'eau le temps d'entrer dans les tubes ; lorsqu'on met la machine en marche, la vapeur se condense sur les tubes, et deux ou trois révolutions suffisent pour changer l'eau de circulation.

39. Par quels moyens peut-on entretenir le vacuum ?

R. Par la condensation constante de la vapeur, par la circulation de l'eau froide dans les tubes du condenseur, et par la fonction de la pompe à air, qui enlève l'eau de condensation.

40. Comment se fait-il qu'en condensant la vapeur après qu'elle a servi dans les cylindres, on obtient un vacuum ?

R. Parce qu'à la pression de l'atmosphère, un pied cube de vapeur condensée n'occupe plus qu'environ un pouce cube d'espace.

Chaudières

1. Lorsqu'un mécanicien prend charge d'un bateau qu'il n'a jamis vu, que doit-il faire ?

R. Il doit d'abord examiner avec soin la suite des tuyaux, des robinets et des valves ; ensuite faire ouvrir la chaudière, y entrer, et examiner les étais, voir de quelle manière ils sont arrêtés, et sonder avec un marteau toutes les parties suspectes de la chaudière.

Ensuite entrer dans les fourneaux et examiner cette partie, la chambre de combustion, les têtes, les tubes, les étais, la chambre à fumée, la cheminée.

Au dehors, visiter les soupapes de sûreté, les robinets d'épreuve, l'indicateur du niveau de l'eau ; voir à quelle hauteur au-dessus des tubes, se trouve le plus bas robinet d'épreuve.

Visiter ensuite les machines : pistons, tiroirs, pompes, valves, robinets, paliers, coulisses, coulisseaux, et toutes les articulations.

2, Quel est le trajet de la vapeur, depuis sa formation jusqu'à son retour à l'alimentation ?

R. De la chaudière, la vapeur passe par le régulateur, les cylindres, le condenseur, la pompe à air, le réservoir à eau chaude, et la pompe alimentaire, pour retourner à la chaudière.

3. Combien y a-t-il de robinets au tuyau de vidange ?

R. Il doit y en avoir deux : un à la chaudière, et l'autre près de l'issue, au dehors ; lorsque les deux sont ouverts, la chaudière

se vide avec la pression intérieure, et peut aussi se remplir, sans pression.

4. Pourquoi avoir deux robinets ?
R. En cas de rupture du tuyau, celui qui est sur la chaudière conserve l'eau dans la chaudière, et l'autre s'oppose à la rentrée de l'eau dans le vaisseau.

5. Quelle doit-être la position du robinet de la chaudière ?
R. Sur la chaudière même, jamais séparé de la chaudière par un tuyau, quelle que soit sa forme.

6. Quelle doit être la position de la valve de sûreté de l'alimentation ?
R. Sur la chaudière même, mais comme il est nécessaire d'avoir un robinet sur la chaudière pour sûreté additionnelle, alors sa position dépend de l'espace le plus propice.

7. Quelle est la disposition d'un indicateur du niveau de l'eau ?
R. Deux robinets communiquent entre eux par un tube en verre d'un petit diamètre ; un troisième robinet est placé au bas du tube, pour en purger l'eau à volonté.

8. Si le robinet du haut était fermé, ou le passage de la vapeur intercepté, quel serait le résultat d'une augmentation de pression dans la chaudière ?
R. L'eau monterait au haut du tube.

9. Au contraire, si le robinet du bas était fermé ?
R. L'eau resterait au même niveau.

10. Comment s'assure-t-on que l'indicateur fonctionne bien ?
R. Par le robinet purgeur : si, en l'ouvrant, on voit l'eau baisser, et reprendre son même niveau lorsqu'on le referme, alors l'indicateur fonctionne bien.

11. Pour trouver le niveau de l'eau par les robinets d'épreuve, lequel des trois ou quatre essayerez-vous le premier ?
R. Celui d'en bas.

12. Que doit-il vous donner ?
De l'eau.

13. Si ce robinet vous donne de l'eau, que ferez-vous ?
R. J'ouvrirai les autres en montant.

14. Mais si tous les robinets vous donnent de l'eau, que ferez-vous ?
R. Je ferai éjecter le surplus, pour ramener l'eau à son niveau.

15. Mais que faudrait-il faire si le robinet d'en bas donnait de la vapeur au lieu d'eau ?
R. Il faut à l'instant fermer les registres, ouvrir les portes de la chambre à la fumée, et réduire la pression ; examiner s'il y a fuite de vapeur aux tubes, et abattre les feux ; laisser refroidir la chaudière avant d'y introduire de l'eau, et, s'il n'y a pas de

dommages, rallumer les feux aussitôt que le niveau de l'eau le permet.

NOTA. Si, dans un cas semblable, le vaisseau se trouvait dans une position dangereuse, et si, en arrêtant la machine, la perte du vaisseau était imminente, alors la pression doit être réduite à son minimum en modérant le feu ; on remplirait de cendre humide deux ou trois rangs des tubes les plus élevés, et l'on continuerait quelques minutes de plus pour tirer le vaisseau du danger avant d'abattre les feux.

Dans tous les cas, le capitaine, ou l'officier en charge doit être averti immédiatement du danger intérieur, et il agira en conséquence.

16. Quelle doit être la distance entre les étais dans les parties planes d'une chaudière ?
R. Cela dépend de la pression ; les distances varient de 4 à 18 pouces.

17. De quel diamètre doivent être les étais ?
R. Jamais au-dessus de $1\frac{1}{2}$ pouce.

19. Lequel des deux systèmes préférez-vous : un plus grand nombre d'un petit diamètre, ou peu d'un gros diamètre ?
R. Plusieurs d'un petit diamètre.

20. Pourquoi ?
R. Parce que la résistance à la pression est offerte sur un plus grand nombre de points à la fois.

21. Qu'est-ce qui limite la pression d'une chaudière à fond plat ?
R. Le nombre et la grosseur des étais, et la pression allouée au pouce carré de section des étais.

22. Quelle est, au pouce carré de section, la tension autorisée par le gouvernement ?
R. 6 000 livres au pouce carré.

23. Qu'est-ce qui limite la pression d'une chaudière cylindrique ?
R. Le diamètre, l'épaisseur du fer, et la force de tension du fer.

24. Donnez la règle ?
R. Le Gouvernement permet une tension de 8 400 livres au pouce carré de section ; ou bien, 100 livres de pression au pouce carré, dans une chaudière de 42 pouces de diamètre et de $\frac{1}{4}$ de pouce d'épaisseur.

25. Pour deux chaudières de même diamètre, quelle serait la cause de différence des pressions allouées ?
R. L'épaisseur du fer.

26. Mais si l'épaisseur était la même, et les diamètres différents ?
R. Alors, ce seraient les diamètres.

27. De deux chaudières, l'une de 12 pieds de diamètre, et l'autre de 6, laquelle supporterait la plus forte pression ?
R. La plus petite.

28. Dans quel rapport ?
R. Le double.

29. Et si l'une des chaudières avait 12 pieds de diamètre et l'autre 4 ?
R. Celle de 4 pieds supporterait 3 fois la pression de celle de 12 pieds.

30. Où est la plus grande pression dans une chaudière à fond plat ?
R. Sur le fond.

31. Pourquoi ?
R. Parce qu'il y a la pression due à la hauteur de l'eau, plus la pression de la vapeur.

32. Sur quel point de la chaudière, la pression se ferait-elle sentir le plus tôt ?
R. Sur le milieu du fond.

33. De quoi dépend la force des tubes ou fourneaux ?
R. De l'épaisseur du fer, ainsi que du diamètre et de la longueur des tubes.

34. De deux tubes semblables, l'un de 5 pieds et l'autre de 6 pieds de longueur, lequel des deux serait le plus fort ?
R. Celui de 5 pieds.

35. De deux tubes de même longueur, un de 6 pouces de diamètre et l'autre de 15 pouces, lequel des deux serait le plus fort ?
R. Celui de 6 pouces.

36. Quelle est la forme de tube la plus forte, ronde au carrée ?
R. La ronde.

37. Pourquoi ?
R. Parce que la pression extérieure tend à écraser les tubes ; un tube parfaitement rond résistera mieux à l'effort d'écrasement, qu'un tube de toute autre forme.
Un tube cylindrique n'a pas besoin de renfort, tandis qu'un tube carré doit être renforci de tous les côtés.

38, De quelle manière peut-on faire le tube le plus fort ?
R. D'une seule pièce soudée, et en cercle parfait ; ensuite un joint butté, recouvert par une plaque et bien riveté.

39. Comment peut-on renforcir les tubes.
R. En y mettant des cercles de fer à cornières. Alors, dans les calculs de résistance, la longueur du tube est considérée comme la distance entre les cercles ou renforts.

[Soin des chaudières

1. Si, en examinant les chaudières, vous trouvez une place usée très mince, que ferez-vous ?
R. J'y poserai ou j'y ferai poser une pièce.

2. Mettriez-vous cette pièce au-dedans ?
R. Cela dépend du côté endommagé ; si la surface de l'usure de la plaque est à l'intérieur, il faut que la pièce soit posée de ce côté, car alors la cause de l'usure agira sur la pièce ; et quand la pièce sera usée, elle pourra être remplacée par une autre.
Si cette pièce, était posée au dehors, la cause de l'usure continuerait à agir sur la plaque, et finirait par la détruire, au point de la rendre incapable de retenir la pièce.

3. Quelle serait la conséquence ?
R. La pression chasserait la pièce, et l'eau bouillante sortant par cette ouverture pourrait occasionner des pertes de vie.

4. Mais s'il y avait plusieurs places minces que faudrait-il faire ?
R. Poser des pièces sur chaque place usée, et réduire la pression.

5. Si l'on trouve un moine dans une plaque, que faut-il faire ?
R. Oter la partie endommagée, et poser une pièce.

6. Si une plaque était déformée au point d'exhiber une loupe très saillante ?
R. Y poser un étai ou tirant au milieu.

7. S'il y en avait plusieurs ?
Faire la même chose à chacune, et réduire la pression.

8. Le ciel du fourneau étant baissé, que faut-il faire ?
R. Y mettre des étais ou tirants au besoin.

9. Que faut-il faire à une gerçure ?
R. Y percer un trou à chaque bout, et la mater, en y posant une pièce.

10. Comment peut-on changer l'eau de la chaudière sans pression ?
R. En augmentant l'alimentation, et en ouvrant le robinet écumeur, ou le robinet de vidange.

11. Mais si ces robinets étaient incapables de servir ?
R. Modérer les feux, ensuite les éteindre, et réduire la pression aussitôt que possible ; entr'ouvrir un trou de nettoyage, laisser couler l'eau de la chaudière dans la cale, réparer les robinets, puis remplir la chaudière, chauffer et continuer la route.

12. Mais s'il était impossible d'arrêter, que faudrait-il faire ?
R. Faire sortir un rivet, ou percer un trou au bas de la chaudière.

13. Si les soupapes de sûreté ne pouvaient pas laisser échap-

per un surplus de pression par l'adhérence à leurs sièges, que faudrait-il faire ?

R. Modérer les feux d'abord, ensuite les éteindre, diminuer la pression en usant toute la vapeur ; puis la chaudière étant suffisamment refroidie, dégager les soupapes.

14. S'il arrivait que l'eau devînt trop basse dans la chaudière, quelle serait la conséquence ?

R. Le ciel de la chambre à feu pourrait brûler, ainsi que les tubes, et peut-être qu'une explosion en serait la conséquence.

15. Mais si l'eau était trop haute ?

R. Cela causerait des projections d'eau dans les cylindres, et pourrait faire casser les convercles.

Salinomètre ou pèse-sel

1. Quel est le devoir le plus important d'un mécanicien ?

R. C'est de veiller à ce que la chaudière soit alimentée régulièrement, et de constater, au moins toutes les heures, le degré de saturation.

2. Par quel moyen peut-on constater le degré de saturation ?

R. En tirant de la chaudière un peu d'eau par un robinet spécial, et en l'éprouvant par le pèse-sel.

3. A quel degré doit se tenir le pèse-sel ?

R. De 1½ à 2 *trente-deuxièmes*, ou de huit à dix onces par gallon.

4. Que faut-il faire avant de mettre le pèse-sel dans l'eau ?

R. Il faut humecter le salinomètre, et trouver la température avec le thermomètre.

5. Quel est le degré ordinaire de température marqué sur les pèse-sels ?

R. 200 degrés.

6. Comment feriez-vous si vous n'aviez pas de pèse-sel ?

R. Je m'assurerais du point d'ébullition de l'eau.

7. Quel est votre manière d'opérer ?

R. Je mets le vase qui contient l'eau sur une pelle chargée de feu tiré du foyer, je plonge dans l'eau le thermomètre, et je remarque le point d'ébullition, qui ne doit pas dépasser 214 degrés ¼.

8. Quel est le point d'ébullition de l'eau douce ?

R. 212°

9. Et pour l'eau salée ?

R, 213°,2.

10. A quelle hauteur doit être le baromètre ?

R. A 30 pouces.

11. Si vous n'aviez ni pèse-sel ni thermomètre, que feriez-vous ?

R. Une petite bouteille à long goulot peut faire un pèse-sel temporaire.

12. Comment construisez-vous ce pèse-sel ?
R. En plongeant la bouteille dans de l'eau pure en ébullition, et marquant sur le goulot le niveau de l'eau ; cela fait, on fait dissoudre dans de l'eau tiède autant de sel que possible, on la fait bouillir, et on y plonge la bouteille ; l'eau étant saturée, l'immersion sera moins grande ; on marque ce nouveau point, et l'on divise en 10 parties égales la distance entre les deux points marqués ; la situation de l'eau de la chaudière doit être tenue à 2 de ces degrés.

13. Le pèse-sel est-il un guide certain pour faire connaître le degré de saturation de l'eau ?
R. Il ne l'est qu'autant qu'il a été gradué pour une température déterminée, et qu'on s'en sert à cette température, et s'il indique qu'il existe du sel, c'est uniquement parce que la présence du sel a augmenté la densité de l'eau.

Engins ou Machines

1. Quel est le service du tiroir ?
R. C'est de distribuer la vapeur, en l'admettant alternativement à chaque bout du cylindre, et ouvrant en même temps les passages à l'échappement.

2. Qu'y a-t-il de remarquable dans les machines oscillantes ?
R. Les cylindres oscillent d'un côté et de l'autre sur leurs tourrillons. La tête du piston est articulée directement au poignet de la manivelle, et il n'y a pas de bielle.

3. Quelle est l'utilité de la manivelle ?
C'est pour changer le mouvement rectiligne en mouvement circulaire.

4. Le mouvement d'une bielle a-t-il quelque chose de particulier dans les machines à articulation directe ?
R. Oui : la partie de la bielle articulée à la tête du piston a un mouvement rectiligne, et l'autre extrémité à un mouvement circulaire.

5. Quand le piston est au milieu de sa course, où se trouve le poignet de la manivelle ?
R. Un peu incliné vers le cylindre.

6. Pourquoi ?
R. Cela est dû au rayon décrit par la longueur de la bielle.

7. Le mouvement du piston est-il uniforme dans sa course ?
R. Non.

8. A quelle partie de sa course la vitesse du piston est-elle la plus faible ?
R. Au dernier et au premier quartier de la course de la manivelle en passant le centre ou le point mort le plus éloigné du cylin-

dre, ensuite au premier et au dernier quartier de l'autre extrémité de la course, et le mouvement du piston est plus rapide au milieu de sa course.

9. Comment la vapeur est-elle distribuée par le tiroir.

R. Lorsque le piston est à une des extrémités de sa course, le tiroir, par son mouvement, ouvre la lumière de prise ; la vapeur admise par cette ouverture chasse le piston, le tiroir continue à s'ouvrir jusqu'à vers le ¼ ou la ½ de la course du piston, ou à toute autre partie déterminée de la course ; alors le mouvement rétrograde, le tiroir ferme le passage à la vapeur, et, en continuant sa course, il met en communication (à la fin de la course du piston) la lumière de prise avec l'échappement ; en même temps, il fait admettre la vapeur sur l'autre face dn piston.

Mais dans le travail, il faut allouer un peu d'avance à contre-vapeur, pour obtenir une compression convenable pour amortir la course du piston, et éviter des secousses aux extrémités de la course.

10. Comment, avec le tiroir, parvient-on à produire la détente ?

R. En donnant au tiroir un excédant en longueur, ce qu'on nomme un recouvrement.

11. Qu'est-ce que le recouvrement à l'échappement ?

R. C'est une augmentation à la largeur de la face du tiroir vers l'intérieur.

12. A quoi peut servir le recouvrement du côté de l'échappement ?

R. A obtenir plus de compression à la fin de la course, et éviter les secousses et un échappement prématuré.

13. Dans quelles circonstances les tiroirs doivent-ils avoir du recouvrement à l'échappement ?

R. Dans les machines à grande vitesse avec une petite course.

14. Y a-t-il d'autres moyens d'intercepter la vapeur pour produire la détente ?

R. Oui. On y parvient encore par un second tiroir superposé au premier, ou par des cames, ou par le registre, ou par la coulisse de changement de marche, comme sur les locomotives.

15. Qu'est-ce que la détente fixe ?

R. C'est la détente obtenue par le tiroir à recouvrement.

16. Qu'est-ce la détente variable ?

R. C'est la détente obtenue par un mécanisme séparé.

17. Laquelle des deux préférez-vous ?

R. La détente variable.

18. Pourquoi ?

R. Parce que la longueur de l'admission à la vapeur peut être changée à volonté sans qu'on arrête la machine, lorsqu'on veut s'éloigner d'un endroit dangereux.

19. Avec un cylindre de 30 pouces de course, la vapeur étant interceptée à 12 pouces, comment faut-il opérer pour augmenter l'admission ?

R. Il faut réduire le recouvrement extérieur.

20. Si la moyenne de la pression durant la course est de 24 livres, et si vous désirez l'augmenter, que devez-vous faire ?

R. Réduire le recouvrement.

21. Mais si vous vouliez réduire la pression moyenne dans le cylindre, que feriez-vous ?

R. J'augmenterais le recouvrement du tiroir avec une machine à détente fixe.

22. Si un diagramme d'indicateur marque 170 forces de chevaux, comment feriez-vous pour avoir 200 forces indiquées ?

R. Je réduirais le recouvrement.

23. Qu'est ce que l'avance à contre-vapeur ?

R. C'est la quantité d'ouverture de la lumière à l'instant où le piston arrive à la fin de sa course.

24. Combien d'avance à contre-vapeur donneriez-vous à un tiroir ?

R. Cela varie depuis $\frac{1}{16}$ jusqu'à $\frac{3}{16}$ de pouce, suivant la vitesse du piston, et suivant le travail exigé de la machine : dans une machine à grande vitesse, il faut plus d'avance à contre-vapeur pour obtenir plus de compression derrière le piston, afin d'éviter les secousses.

25. De quelle manière donnez-vous l'avance du tiroir ?

R. En plaçant l'excentrique en avant de sa véritable position

26. Quelle est la position de l'excentrique par rapport à la manivelle ?

R. A angle droit, plus le recouvrement et l'avance à contre-vapeur.

27. Comment déterminer la longueur d'une bielle ?

R. En plaçant le piston au milieu de la course, et mesurant la distance du centre des tourillons de la tête du piston, au centre de l'axe.

28, Comment peut-on replacer un excentrique dérangé ?

R. La réponse est au No 25 ; mais pour un remplacement temporaire, il faut placer le piston sur un des points morts, ensuite placer le tiroir au milieu de sa course en fermant toutes les lumières, ouvrir les purgeurs, avancer l'excentrique dans le sens de sa marche, jusqu'à ce que la vapeur s'échappe par le purgeur ; on peut ainsi se rendre au premier relai sans trop de perte d'effet. Mais s'il y a des points de repère le replacement est bientôt fait.

29. L'usure des renvois de mouvement n'a-t-elle pas de l'influence sur l'avance du tiroir ?

R. Oui, l'avance est réduite de toute l'usure.

30. Dans une machine verticale, si un diagramme indique qu'il y a plus d'avance au haut qu'au bas, qu'avez-vous à faire ?
R. Mettre une cale sous le pied de la tige de l'excentrique.

31. Et si le tiroir n'avait pas d'avance du tout ?
R. Il faut avancer l'excentrique.

32. Que devient la vapeur après quelle a servi dans le cylindre ?
R. Elle s'échappe dans le condenseur, où elle est condensée, et ensuite enlevée par la pompe à air dans le réservoir, d'où elle est prise pour l'alimentation.

33. Quelle est l'utilité du condenseur ?
R. C'est de condenser la vapeur et de former un vacuum ou vide.

34. Pourquoi se sert-on de tubes au lieu de plaques dans un condenseur à surface ?
R. Parce qu'on obtient plus de surface avec les tubes.

35. Avec les condenseurs à surface, quelle est la proportion en comparaison de la surface calorifique ?
R. De $\frac{8}{10}$ à quantités égales.

36. Comment peut-on s'apercevoir d'une fuite au condenseur ?
R. Par l'augmentation de l'alimentation, et par le degré de saturation de l'eau au réservoir.

37. Par quel moyen peut-on trouver où est la fuite ?
R. En arrêtant la machine, et laissant emplir d'eau le condenseur.

38. Est-il possible de changer un condenseur à surface en condenseur à jet ?
R. Oui. Si le condenseur n'est pas pourvu d'un robinet à cet usage, on retire plusieurs tubes du condenseur, pour former une aire égale au tuyau de prise.

39. Quelle est la conséquence de ce procédé ?
R. Un surcroît de travail pour la pompe à air, et quelquefois la pompe de circulation est utilisée pour extraire l'eau du condenseur.

40. Quelle est la température de l'alimentation avec un condenseur à jet ?
Environ 100 degrés.

41. Et dans un condenseur à surface ?
R. 120 degrés.

42 La température de l'alimentation peut-elle être plus élevée ?
R. Oui, mais alors les valves de caoutchouc deviennent trop molles, et se détruisent rapidement ; le condenseur devient trop chaud, et le vacuum est perdu.

43. A quelle hauteur doit être le baromètre du condenseur ?
R. De 25 à 27 pouces.

44. Est-il possible d'avoir un plus fort vacuum ?
R. Oui, mais très peu.

45. Pourquoi donc ne le prenez-vous pas ?
R. Parce que la pompe de circulation aurait beaucoup plus de travail à faire, et absorberait une partie du pouvoir destiné à l'avance du vaisseau ; l'alimentation serait plus froide, et nécessiterait une plus grande consommation de combustible.

46. Avec un condenseur à surface, la pompe à air enlève-t-elle toujours assez d'eau pour fournir la chaudière ?
R. Non.

47. De quelle manière peut-on obtenir la quantité d'eau requise ?
R. Par la pompe auxiliaire, ou par un robinet qui met le condenseur en communication avec l'eau de la circulation.

48. Combien y a-t-il de sortes de pompes ?
R. Les aspirantes, les foulantes, les pompes à double action, et les pompes centrifuges.

49. Quelle sont les pompes aspirantes généralement employées ?
R. La pompe à air, l'auxiliaire, et la pompe de la circulation.

50. Quelles sont les foulantes ?
R. Les pompes d'alimentation et d'épuisement.

51. Pourquoi se sert-on de pompes centrifuges ?
R. Pour la circulation de l'eau du condenseur.

52. Quel est le nombre de valves dans chacune de ces pompes ?
R. La pompe centrifuge n'a pas de valves ; la foulante en a deux, l'aspirante trois, et la double-action quatre.

53. Peut-on faire fonctionner une pompe aspirante avec deux valves ?
R. Oui.

54. Laquelle pourrait-on supprimer ?
R. Le clapet de fond généralement.

55. Quelle est la circonstance la plus favorable pour faire fonctionner une pompe à air sans clapet de fond ?
R. Lorsque le fond du condenseur est plus élevé que le fond de la pompe.

56. Quelle est la cause des fortes secousses et d'un bruit sourd d'une pompe à air ?
R. Un manque d'air dans le corps de la pompe ou dans l'eau.

57. Quel est l'effet de l'air dans l'eau ?
R. L'air a pour effet d'éviter les chocs ou secousses, car lorsqu'une pompe a une haute colonne d'eau à élever, il faut un certain temps pour mettre toute la masse d'eau en mouvement ; or,

durant ce temps, il y a une forte compression sur le piston ; et comme l'eau n'est pas élastique, il faut y admettre un peu d'air pour suppléer au manque d'élasticité de l'eau, sans cela la pompe ou le tuyau de décharge seraient brisés.

58. Comment trouvez-vous la juste longueur de la tige de l'excentrique dans une machine à balancier ?

R. Il faut d'abord ajuster les leviers de l'arbre de transmission de marche en les mettant à l'équerre avec les tiges d'articulation; ensuite faire tourner l'excentrique jusqu'au point mort, et mesurer la distance de l'encoche au bouton ; retourner l'excentrique sur le point mort opposé, et mesurer la distance de l'encoche au bouton ; si les distances sont égales, la tige est de la longueur voulue ; mais s'il y a une différence, il faut partager cette différence au moyen des cales.

59. De Quelle manière faut-il opérer avec un tiroir ?

R. Il faut placer le tiroir juste au milieu de sa course, et opérer comme dans la réponse précédente.

60. Quelle doit-être la longueur de la tige avec une coulisse à changement de marche ?

R. La longueur de la tige de l'excentrique est la distance du centre de l'axe au centre de son articulation avec la coulisse.

61. Y a-t-il quelque chose à retrancher de cette longueur ?

R. Oui : la moitié du diamètre de l'excentrique, et l'épaisseur du collier.

62. Est-il possible de continuer un voyage si le collier de l'excentrique de l'avant était cassé ?

R. Oui ; en le remplaçant par celui de l'arrière, et en suspendant l'autre bout de la coulisse mais la machine ne pourrait pas marcher en arrière.

63. Comment peut-on trouver si les axes ne sont pas aux paliers extérieurs ?

R. En mesurant la distance entre les manivelles au haut et au bas de la course, si la distance est la même à ces deux points les axes sont en ligne ; mais si la distance est plus grande en haut qu'en bas, alors l'axe est baissé en dehors.

64. Comment trouvez-vous l'épaisseur de la cale requise ?

R. Par la proportion suivante : la longueur de la manivelle *est à* la longueur de l'axe, *comme* la moitié de la différence *est à* l'épaisseur de la cale requise.

65. Comment constateerz-vous une erreur dans la position de l'axe d'une hélice.

R. En ôtant les boulons des collerettes d'accouplage, et en observant si l'ouverture entre deux est uniforme ; si l'axe est trop bas, il y aura une plus grande ouverture à la partie d'en haut.

66. Que feriez-vous dans le cas où la garniture du tube étanche du massif d'étambot serait toute sortie, et si l'eau entrait en abondance ?

R. Pour étouffer la voie d'eau le plus promptement possible, on peut prendre un brin d'étoupe à garniture, avec un petit poids attaché à un des bouts le faire mordre par l'hélice allant à reculon, laisser ce brin s'enrouler autour de l'arbre entre l'hélice et la chaise de l'étambot ; ensuite renverser le mouvement de l'hélice pour presser cette garniture contre la chaise et étouffer la voie d'eau ; arrêter la machine aussitôt, replacer la garniture intérieure, et faire les réparations nécessaires.

67. La chaise de l'étambot use beaucoup ; combien d'usure allouée seriez-vous justifiable de laisser, avant de partir pour un voyage ?
R. Pas plus d'un demi-pouce : ½ pouce.

68. Que feriez-vous si l'arbre des manivelles se cassait, avec une machine à double cylindre, à hélice ?
R. Si c'était la partie d'arrière, et si les manivelles étaient en duplicata, je les renverserais, si c'était possible ; sinon, j'ôterais les boulons d'accouplage de l'arbre, et je laisserais l'hélice libre ; si c'était la partie d'avant, je ferais fonctionner un seul cylindre.

69. Si le poignet de la manivelle se cassait ?
R. Il faudrait percer un trou dans le centre du poignet, et y mettre un boulon en fer ou en acier pour pouvoir se rendre au port.

SOIN DES MACHINES

1. Lorsque la vapeur est à la pression voulue, de quelle manière faut-il procéder pour mettre la machine en marche ?
R. Il faut ouvrir d'abord la soupape d'arrêt, le régulateur, et le tiroir.

2. Que faut-il faire avant de mettre la machine en mouvement ?
R. 1. Purger toute l'eau qu'il pourrait y avoir dans le cylindre, ouvrir les valves et robinets des pompes de circulation et d'alimentation, et veiller à ce que la machine soit libre, ou qu'il n'y ait pas d'obstruction quelconque.

3. Est-il nécessaire de faire un tour ou deux à la main avant la mise en marche ?
R. Il est très à propos de le faire après des réparations,

4. De quelle manière ?
R. Par le mécanisme destiné à cet usage, qui consiste en une roue dentée obliquement, et mise en mouvement par une vis sans fin.

5. Comment savez-vous qu'il y a trop d'eau de donnée à l'injection ?
R. Par la température de l'eau de condensation dans le réservoir.

6. Comment savez-vous qu'il n'y a pas assez d'eau d'injection ?

R. Par l'abaissement du baromètre, et la température de l'eau, que l'on constate en appliquant la main sur le condenseur.

7. Avec un condenseur à jet, si le robinet d'injection était laissé ouvert après l'arrêt de la machine, quelle en serait la conséquence ?
R. Le condenseur se remplirait, et peut-être les cylindres aussi.

8. Quelle serait la conséquence de la présence de l'eau dans les cylindres ?
R. La rupture des pistons, ou des tiges, ou des couvercles, ou des poignets de manivelles.

9. De quelle manière l'eau s'introduit-elle ordinairement dans les cylindres ?
R. Par projection d'eau de la chaudière.

10. Comment peut-on se débarrasser de cette eau de projection ?
R. Par les robinets purgeurs et les soupapes de sûreté des cylindres.

11. Que doit-on faire lorsque le condenseur devient trop chaud ?
R. Donner plus d'eau à l'injection s'il est possible, sinon, réduire la vitesse ou arrêter, pour laisser refroidir, ou chercher la cause.

12. Mais s'il y avait danger à arrêter ?
D. Verser sur le condensateur, d'abord de l'eau chaude, puis de l'eau moins chaude graduellement, et enfin de l'eau froide jusqu'à parfait refroidissement.

13. Dans un mauvais temps et une grosse mer, si la machine donnait de fortes secousses aux extrémités de la course, que feriez-vous pour éviter un accident ?
R. Je réduirais un peu la vitesse, et je règlerais la prise de vapeur par le registre, chaque fois que l'arrière du bateau s'élèverait, pour éviter de plus grandes secousses.

14. Quelle est la différence entre la haute et la basse pression ?
R. La haute pression s'échappe librement dans l'air ; et n'a pas de condenseur ; la basse pression est condensée à l'échappement.

15. Qu'est-ce que la machine dite *compound* ?
R. C'est une disposition spéciale des cylindres pour obtenir la même expansion de la vapeur que dans une machine simple, en évitant l'interception *spontanée* de la vapeur.

16. De quelle manière ?
R. En dilatant la vapeur dans un petit cylindre ; ensuite l'échappement a lieu dans un grand cylindre, où la vapeur est encore dilatée ; finalement la vapeur s'échappe dans le condenseur.

17. Lorsque le manomètre indique 60 livres, et la pression finale 7 livres ½ ; de combien la vapeur s'est-elle dilatée ?

R. Ajoutez 15 à 60 ; cela donne 75 livres pour pression totale ; 75 divisé par 7½ donne 10 ; donc la vapeur s'est dilatée dans le rapport de 1 à 10, ce qui repond au cas d'une simple machine où la vapeur serait interceptée à $\frac{1}{10}$ de la course.

18. Quel serait l'effet d'une haute pression interceptée à courte distance ?

R. L'effet le plus nuisible serait la forte impulsion au commencement de la course causant plus de frottement pendant la durée de l'admission.

19 Avec une machine (*compound*) à haute et basse pression, le manomètre indique 60 livres ; la vapeur est interceptée, dans chaque cylindre, à ½ course ; le cylindre à basse pression a 4 fois la capacité du cylindre à haute pression ; quelle sont les pressions aux points d'interception, les pressions finales, et les arrière-pressions dans chacun des cylindres ?

R. Théoriquement, en supposant qu'il n'y ait pas de perte entre la chaudière et le cylindre, la vapeur entre dans le cylindre à haute pression à 75 livres, et est interceptée à ½ course ; donc la pression finale serait 37 livres ½.

La vapeur doit ensuite s'échapper dans le cylindre à basse pression et le remplir à moitié, le volume de vapeur se trouve ainsi doublé, et la pression est réduite à 18 livres ¾ au point d'interception.

Ces 18 livres ¾ sont aussi l'arrière-pression sur le piston du cylindre à haute pression, moins 15, pression de l'atmosphère, ce qui donne 3 livres ¾ au-dessus de la pression atmosphérique.

La vapeur à 18 livres ¾, interceptée à ½ course dans la basse pression, se dilate durant l'autre demi-course, conséquemment la pression finale sera 9 livres ⅜ ; si le baromètre indique 26 pouces, il y aura 2 livres d'arrière-pression.

H. P. Pression initiale effective....60—3¾=56¼
Pression finale effective....37½—18¾=18¾
B. P. Pression initiale effective....18¾—2=16¾
Pression finale effective.....9⅜—2=7⅜.

Nota. Il faut remarquer que les chiffres de la réponse précédente ne sont que théoriques ; en pratique on est loin d'obtenir ce résultat ; car, ordinairement l'échappement du cylindre à haute pression se fait dans un espace total beaucoup plus grand que le gros cylindre ; cet espace comprend, outre le gros cylindre, la chemise qui entoure le petit cylindre, et la boîte du tiroir du gros cylindre, ce qui forme une capacité d'environ trois fois celle du gros cylindre ; il faut aussi remarquer que la vapeur étant dilatée un si grand nombre de fois, il s'en condense beaucoup, et le volume est réduit en proportion ; la pression initiale du cylindre à basse pression ne doit pas être estimée à plus de ½ de la pression finale du cylindre à haute pression.

On entend par pression initiale du cylindre à basse pression, la pression réelle au moment de l'interception dans le gros cy

lindre, il n'y aurait pas autant de perte si la vapeur était lancée directement d'un cylindre à l'autre.

20. Quelle est généralement la position des deux cylindres ?
R. Le cylindre à basse pression est à l'arrière.

21. Pourquoi ?
R. En cas de rupture dans la machine, il est plus facile de se servir du gros cylindre, lorsqu'on est obligé de ne faire usage que d'un seul.

22. Si la bielle du cylindre à basse pression se cassait, que feriez-vous ?
R. Je la remplacerais par la bielle du cylindre à haute pression.

23. Si le tiroir du cylindre à haute pression se cassait, que faudrait-il faire ?
R. Oter tous les morceaux, réduire la pression dans la chaudière, la vapeur serait libre dans le petit cylindre ; la pression étant égale aux deux bouts, le piston ne soufrirait pas de résistance, la vapeur passerait par la lumière de l'échappement du cylindre à haute pression, et agirait comme dans une machine à un seul cylindre.

24. Que faut-il faire pour produire la détente ou expansion de la vapeur ?
R. Intercepter l'admission de la vapeur avant la fin de la course, ce qui lui permet de se dilater, par son élasticité, en finissant la course.

25. Avec un couvercle de cylindre cassé, la machine peut-elle continuer à fonctionner ?
R. Oui, en ôtant le couvercle cassé, et en bouchant la lumière de prise, à ce bout du cylindre, avec du bois bien solidement enfoncé ; on peut aussi continuer la route en utilisant l'autre bout du cylindre ; mais il n'y aura que la différence entre la pression de l'atmosphère et le vacuum pour former la pression effective à la descente du piston.

26. La pression effective sera-t-elle la même qu'avant l'accident ?
R. Non. Il n'y aura d'effective que la pression indiquée par le manomètre, diminuée d'une atmosphère.

27. Serait-il prudent de marcher avec une forte pression après un tel accident.
R. Non, vu l'irrégularité du mouvement causé par la différence des pressions.

Calorifères et condenseurs à surface

1. Est-il possible d'amener la chaleur sensible de la vapeur à un plus haut degré que celui dû à l'ébullition de l'eau qui l'a produite ?

R. Oui : en surchauffant la vapeur après qu'elle a quitté la chaudière.

2. Quel est le nom de l'appareil ?
R. L'appareil est un calorifère.

3. Quelle est la construction et la position de ce calorifère ?
R. Généralement c'est un appareil formé de plusieurs tubes, placés au pied, et à l'intérieur de la cheminée. La vapeur passe de la chaudière par ces tubes et absorbe une quantitée considérable de la chaleur communiquée par le gaz et l'air réchauffés par le combustible du foyer.

4. Quel est le but qu'on se propose en augmentant la chaleur sensible ?
R. Le but est de transformer la vapeur en gaz parfait, et d'en obtenir plus d'effet avec la même quantité de combustible.

5. Qu'entendez-vous par vapeur combinée ?
R. C'est lorsqu'il y a deux tuyaux partant de la chaudière, dont l'un passe par le calorifère, et l'autre conduit la vapeur directement à la boîte du tiroir, où les deux vapeurs se mélangent avant la distribution.

6. A quelle température faut-il que la vapeur soit, pour qu'à la pression de l'atmosphère elle puisse se comporter comme un gaz ?
R. A 662° Fahrenheit.

7. Ce système de surchauffage de vapeur a-t-il donné les résultats prévus ?
R. Non : les calorifères se sont détériorés rapidement, ont occasionné beaucoup de travail, et même des accidents ; la chaleur excessive a brûlé les garnitures, et carbonisé le suif et l'huile ; par suite de quoi les tiroirs se sont grippés sur les faces ; aussi ce système, causant plus de dommage que de gain, est aujourd'hui abandonné.

8. De quelle manière la vapeur est-elle condensée ?
R. Dans les condenseurs à surface, la vapeur se condense sur des tubes froids au lieu d'être mêlée à l'eau comme dans les condenseurs à jet.

9. Les condenseurs à surface ont-ils un autre avantage que d'épargner le travail de la pompe à air ?
R. Oui : l'épargne du combustible.

10. De quelle manière le combustible est-il épargné ?
R, L'eau de l'alimentation est plus douce et plus chaude ; étant plus douce, elle bout à uue température moins élevée, et étant plus chaude, il lui faut moins de combustible pour s'élever à cette température ; l'eau étant moins salée nécessite moins de changement, il y a moins de croûte déposée, et la chaleur se communique plus facilement à l'eau.

11. Y a-t-il quelque désavantage à user les condenseurs à surface ?

R. L'eau étant très douce, il ne se forme pas de croûte sur les tubes et les fourneaux ; le vert-de-gris entraîné par l'eau d'alimentation et par le suif passant par le condenseur, s'attache au fer et le détériore ; le suif donné aux tiroirs a aussi pour effet de salir et étouffer le condenseur.

12. Quels sont les remèdes à ces trois inconvénients ?
R. Pour éviter la rouille, il faut, au commencement, introduire dans la chaudière un peu d'eau salée, afin de former une légère croûte ; cela a aussi pour effet d'éviter les attaques du vert-de-gris et des acides ; cependant, dans le but d'éviter les attaques des acides, on a suspendu à l'intérieur de la chaudière des plaques de zinc, ces acides attaquent le zinc de préférence, et laissent le fer intact ; pour entretenir le condenseur net, on se sert d'huile au lieu de suif, et de temps à autre on y introduit, pour le nettoyer, de la soude ou de la potasse.

13. Quelles sont les choses les plus essentielles dans les condenseurs à surface ?
R. Une grande surface de condensation et une bonne circulation d'eau froide.

Vacuum ou vide

1. Qu'est-ce qu'un vacuum ?
C'est un espace vide, un vide parfait.

2. Est-il possible d'obtenir un vacuum parfait ?
R Oui : l'espace au-dessus du mercure d'un baromètre est un vacuum parfait.

3. Peut-on obtenir un vacuum dans le condenseur ?
R. Non, car il y a toujours un peu de pression.

4. Qu'entend-on par vacuum dans une machine à vapeur ?
R. On entend le point le plus proche du vacuum qu'il soit possible d'avoir.

5. Comment peut-on savoir qu'il n'y a pas de vacuum dans le condenseur ?
R. Par le baromètre.

6. Si le baromètre est à 26, quelle est la quantité de vacuum en livres ?
R. 13 livres.

7. Que veut dire l'expression 13 livres de vacuum ? Cela signifie que la pression atmosphérique dans le condenseur a été réduite de 13 livres ; et la vapeur (au lieu de s'échapper contre la pression de l'atmosphère, comme dans une machine à haute pression) ne reçoit que deux livres de résistance en s'échappant.

8. Si le manomètre indique 60 livres de pression, et si le baromètre indique 26 pouces, quelle est la pression effective ?
R. 73 livres.

9. Comment se fait-il que la vapeur à 60 livres puisse exercer 13 lbs de plus ?

R. Parce que la soupape de sûreté est fermée à la pression de l'atmosphère ; et le manomètre indique la pression au-dessus de atmosphère ; l'effet est donc 60 + 13 ou 73 livres.

10. Quelle est la pression de l'atmosphère ?

R. Correctement 14,7 livres ; mais ordinairement on compte 15 livres au pouce carré.

11. Comment peut-on trouver le poids de l'atmosphère ?

En prenant un tube en verre, ayant une section d'un pouce carré, et environ 33 pouces de longueur, fermé d'un bout ; on le remplit de mercure pur ; lorsqu'il est plein, on couvre le bout ouvert avec un carton, on le retourne, on plonge le bout ouvert dans un vase contenant du mercure, et l'on retire le carton ; le mercure de l'intérieur du tube baisse d'environ 3 pouces et il s'arrête. Alors on soulève doucement le tube de manière que son bord inférieur arrive tout près de la surface libre du mercure ; on replace le carton sous le tube ; on retire le tube du vase, on verse le mercure du tube dans un plateau de balance, et l'on pèse ; on trouve 14 livres $\frac{7}{10}$.

12. A quelle élévation se tient le mercure dans le tube ?

R. A 30 pouces, si l'on opère au niveau de la mer.

13. En est-il toujours ainsi ?

R. Non.

14. Quelles en sont les causes ?

R. Comme la pression de l'atmosphère varie beaucoup, et que le mercure dans le tube en est l'équivalent en poids, alors la hauteur du mercure varie en conséquence.

15. Quelle est la cause qui empêche le mercure de descendre davantage dans le tube ?

R. Lorsque le mercure s'est abaissé dans le tube, l'espace abandonné est un vide ou vacuum parfait ; et l'air, pressant de toutes parts, tend à remplir cet espace, le passage se trouvant intercepté par le mercure, alors ce dernier s'élève dans le tube, jusqu'à ce que l'équilibre se fasse ; la colonne de mercure est égale en poids à une colonne d'air de même grosseur, et s'élevant jusqu'aux plus hautes régions de l'atmosphère.

16. A Quelle hauteur l'eau peut-elle s'élever dans une pompe ?

R. A 34 pieds au plus.

17. Comment l'eau s'élève-t-elle dans une pompe ?

R. La pompe purge d'air l'intérieur de la pompe et du tuyau, et forme un vacuum ; l'air extérieur pressant par son poids sur la surface libre de l'eau, force l'eau à monter, jusqu'à ce que la colonne d'eau fasse équilibre à la pression de l'air.

18. Comment peut-on prouver que la pompe n'aspire pas l'eau ?

R. En allongeant le tuyau de quelques pieds. Si une pompe suçait l'air, alors il n'y aurait pas de limite à la hauteur ; mais au-dessus de 34 pieds il est impossible d'en tirer une seule goutte.

19. Quelle est le poids d'une colonne d'eau de 34 pieds de hauteur ?

R. 14 livres $\frac{7}{10}$, soit environ 15 livres au pouce carré.

20. Lorsque l'injection de cale est ouverte, comment peut-elle épuiser la cale ?

R. La pompe à air tire l'air des tuyaux, et l'air de l'intérieur du bateau pressant sur la surface de l'eau, fait monter l'eau dans le condenseur.

21. Quelle est la position ordinaire de l'injecteur de cale avec un condenseur à surface ?

R. L'appareil est généralement attaché à la pompe de circulation.

22. De quelle manière l'eau s'élève-t-elle dans ce dernier cas ?

R. Par le vacuum que forme la pompe de circulation, et par la pression de l'atmosphère.

Proportions des pièces

1. Que veut dire force nominale de cheval ?

R. Cela signifie le pouvoir qui serait déployé par une machine avec une pression de 7 livres au pouce carré, comme au temps de Watt, avec une vitesse de piston de 220 pieds par minute.

$$\text{*F. N. C.} = \frac{d^2 \times 0{,}7854 \times 7 \times 220}{33000} = \frac{d^2}{27.28}$$

Ainsi, pour abréger les opérations, pour trouver la F. N. C., divisez le carré du diamètre par 28 (plus facile que par 27.28).

2. Quelle est la règle adoptée par l'Amirauté Anglaise ?

R. L'Amirauté prend la vitesse actuelle du piston au lieu de 220 pieds par minute.

$$\text{F. N. C.} = \frac{d^2 \times 0.7854 \times 7 \times \text{vitesse du piston}}{33000} =$$

$$= \frac{d^2 \times \text{vitesse du piston}}{6000}$$

3. Connaissez-vous des règles pour trouver la F. N. C. des machines à haute et basse pression dites *Compound* ?

R. La somme des carrés de diamètres, divisée par 32, donne la F. N. C. pour ces machines.

---

* F. N. C. signifie *force nominale de cheval.*

Si l'on appelle D le diamètre du cylindre de haute pression, et *d* le diamètre du cylindre à basse pression, on aura :

$$\frac{D^2 + d^2}{32} = \text{F. N. C.}$$

4. Pouvez-vous donner quelques exemples ?
R. Oui : la table suivante expose les diamètres des cylindres, et les courses, pour différentes valeurs de la F. N. C.

Table

Des diamètres et des courses de quelques machines

F. N. C.	Haute P.	Basse P.	Course
35	15½	30	20
40	17	32½	20
45	19	35	20
60	21	39½	26
70	22½	42	30
80	23	46	30
85	24	47½	30
90	26	48	33
100	26	51	33
110	27	54	33
120	28	56½	33
130	29½	59	36
140	30½	61	39
170	33½	67	42
175	36	67	42
200	36	73	45

5. Combien de fois le travail réel des machines modernes vaut-il la force nominale de ces machines ?
R. De 4 à 9 fois.

6. Quelle est l'étendue de foyer requise par force nominale ?
R. Environ les ⅔ d'un pied carré.

7. Combien de pieds carrés de puissance calorifique par cheval ?
R. Environ 22 pieds carrés.

8. Quelle est la quantité de houille qui doit être consommée sur le foyer ?
R. Environ 16 livres par heure.

9. Combien cela fait-il par F. N. C. ?
R. Près de 12 livres par heure.

10. Si une machine déploie 5 fois la F. N. C., combien de livres de houille seront consommées par F. C. I. ? *
R. Un cinquième de 12 livres, ou 2 livres $\frac{2}{5}$ par heure.

11. Combien de livres d'eau doit faire évaporer une livre de houille ?
R. De 8 à 14 livres. En pratique, une évaporation de 10 livres est considérée comme bonne.

12. Quelle doit être la capacité d'une chaudière ?
R. Une verge cube par F. N. C., l'eau n'occupant *pas plus* de la moitié de l'espace, et la vapeur *pas moins* de la moitié.

13. Combien de pieds cubes d'eau doivent être changés en vapeur par F. N. C. ?
R. De $1\frac{1}{2}$ à 2 pieds cubes.

14. Quelle est l'aire de tubes requise par F. N. C. ?
R. Dix pouces carrés.

15. Quelle est l'aire allouée au-dessus de l'autel du fourneau ?
R. 14 pouces carrés.

16. Quelle est l'aire d'une soupape de sûreté ?
R. Un demi-pouce carré par pied carré de foyer. Et comme $\frac{3}{4}$ de pied carré de foyer donnent une force nominale d'un cheval, les $\frac{3}{4}$ d'une demie, ou $\frac{3}{8}$ de pouce carré de surface, sont requis par F. N. C.

17. Quelle doit être l'aire de la cheminée ?
R. Un pied carré de cheminée par 7 pieds de foyer.

18. Combien de surface de piston pour machines à basse pression ?
R. Environ 22 pouces carrés.

19. Combien pour les hautes pressions ?
R. Environ 11 pouces par F. N. C.

20. Quelle doit être la grosseur de l'axe d'une machine ?
R. Son diamètre ne doit pas être moindre que $\frac{1}{4}$ du diamètre du cylindre à basse pression.

21.—Donnez la grosseur du tuyau de prise de vapeur, et celle du poignet de l'arbre coudé ?
R. Le diamètre du tuyau doit être égal à celui de l'axe ;
Et le diamètre du poignet $\frac{1}{4}$ de pouce de moins que les portées de l'axe.

22. Donnez le diamètre de l'échappement.
R. Un tiers plus gros que le tuyau de prise.

23. La tige du piston.
R. Environ $\frac{1}{15}$ du diamètre du cylindre à basse pression.

---

* F. C. I. signifie *force de cheval indiquée.*

24. Donnez la capacité de la pompe à air.
R. Entre ⅛ et ⅙ de la capacité du cylindre à basse pression.

Moyenne

des forces nécessaires pour rompre ou écraser le fer et l'acier pris sous un pouce carré de section

Force	pour	rompre le fer	23	tonnes
"	"	écraser " "	17	"
"	"	rompre la fonte	7½	"
"	"	écraser "	50	"
"	"	rompre l'acier, barres	50	"
"	"	écraser " "	116	"

La chaleur dilate les métaux ; mais la chaleur a-t-elle un autre effet sur le fer d'une chaudière ?

Oui : la ténacité du fer augmente avec la température jusqu'à 600° ; et de ce point la ténacité diminue lorsque la température augmente.

Pour trouver le diamètre d'un cylindre à basse pression, la force nominale étant donnée :

Règle. 5500 divisé par la vitesse du piston en pieds par minute, donne le nombre de pouces carrés par force de cheval ; ce quotient multiplié par le nombre de chevaux donne l'aire du cylindre—(voir la table des aires des cercles).

Vitesse proportionnée des pistons des machines à condenser:

Longueur de la course en pieds	Vitesse en pieds par minute	Nombre de Révolutions par minute	Longueur de la course en pieds	Vitesse en pieds par minute	Nombre de Révolutions par minute
8	256	16	4	214	26¾
7	245	17½	3½	203	29
6	240	20	3	192	32
5½	236½	21½	2½	177½	35½
5	230	23	2	160	40
4½	220½	24½			

Dimensions

Des machines à condenser

Force nominale en chevaux	Diamètre du cylindre	Longueur de la course	Nombre de révolutions	Diamètre de la pompe à air	Longueur du balancier	Superficie des lumières de prise	Longueur de la grande bielle	Diamètre de la tige du piston	Diam. de la tige de la pompe à air	Diam. du tuyau de prise	Diam. des branches
	pcs	pds					pds	pcs			
20	24	5—0	21	14.7	15 0	11 × 2¼	15-0	2½	1 9/16	6¼	4⅝
30	29	6—0	21	17.8	16-0	13 × 3	16-0	2⅞	1⅞	7⅓	5¼
40	32¼	6—0	21	20.0	16-0	14 × 3½	16-0	3 5/16	2 1/16	8	5⅞
50	36	6—0	19	22.2	16-0	16 × 4	17-0	3½	2¼	9	6½
60	39½	7—0	17½	24.5	18-0	17 × 4½	18-0	3⅞	2½	9¾	7
70	43	7—0	17½	26.3	15-0	17¼ × 5	18-0	4¼	2⅝	10¾	7¾
80	46¼	7—0	17½	28.3	18-0	19 × 5¼	18-0	4⅝	2¾	11¼	8¼
90	48¾	8—0	15	29.7	20-0	19 × 5¾	20-0	5.0	2⅞	12	8¾
100	51½	8—0	15	34.2	20-0	20 × 6	20-0	5¼	3⅛	12¾	9½

D....diamètre du cylindre en pouces.
C....course en pouces.

La longueur de la course varie de 2 à 3 fois le diamètre du cylindre.

Règles

Pour trouver les proportions des machines à condenser

Basse pression

Pour trouver l'épaisseur d'un cylindre

Le diamètre du cyl. × 0.014 + x = l'épaisseur
x = 0.50 pour les diamètres de 12 à 20 pouces
x = 0.55 " " de 20 à 30 "
x = 0.60 " " de 30 à 80 "

Haute pression

0.000 125 × le double du maximum de la pression × le diamètre du cylindre + x = l'épaisseur
Ou bien : 0.000 125 × 2P × D + x = l'épaisseur
Ou bien : 0.06 × D + 2 = l'épaisseur

Proportions des basses pressions

La superficie des lumières de prise égale l'aire du cylindre × 0.06.
La lumière de l'échappement doit être ½ plus grande.
Le diam. du cylindre ÷ 5 = l'épaisseur du piston
La tige du piston = D × 0.1
Diamètre majeur de la tige dans le piston = D × 0.14
Diamètre mineur dans le piston = D × 0.115
Hauteur de la clavette dans le piston = D × 0.085
Epaisseur de la clavette dans le piston = D × .035
Diamètre majeur de la tige dans la tête du piston = D × 0.095
Diamètre mineur = D × 0.09
Hauteur de la tête du piston en fer = D × 0.18
Hauteur de la clavette dans la tête = D × 0.105
Epaisseur de la clavette dans la tête = D × 0,021
Diamètre majeur de la grande bielle = D × 0.098
Diamètre mineur de la grande bielle = D × 0.09
Diamètre des portées du tourillon du centre du balancier = D × 0.183
Longueur des portées = D × .275
Diamètres des portées des bouts = D × 0.086
Longueur des portées des bouts = D × 0.097
Diamètres des tourillons de la pompe à air = D × 0.051
Longueur des tourillons de la pompe à air = D × 0.058
Diamètre des bielles latérales aux bouts = D × 0.065
Diamètres des bielles latérales au milieu = D × 0.072
Diamètre de la pompe à air = D × 0.6
Diamètre de la tige en fer = D × 0.06
Diamètre de la tige en cuivre = D × 0.067
Epaisseur du piston = Diam. de la pompe ÷ 5
Hauteur de la clavette dans le piston = D × 0.051

Epaisseur de la clavette dans le piston $= D \times 0.021$
Aire du clapet de fond = Aire de la pompe $\times 0.25$
Diamètre de la portée de l'arbre des roues à aubes :
Arbre en fonte $= D \times 0.3$
Arbre en fer $= D \div 4$
Longueur de la portée en fer $= D \times 0.3$
Longueur de la portée en fonte $= D \times 0.38$
Longueur pour un seul arbre $= D \times 0.44$
Epaisseur du gros œil de la manivelle = diamètre de l'arbre.
Epaisseur de métal autour de l'arbre $= \frac{1}{2}$ du diamètre de l'arbre
Epaisseur de l'œil du poignet $= D \times 0.188$ pour fonte.
Diam. du poignet de la manivelle $= D \times 0.142$
Longueur du poignet de la manivelle $= D \times 0.21$
Epaisseur du corps de la manivelle $= D \times 0.21$
Epaisseur près du poignet $= D \times 0.175$
Epaisseur de métal autour du poignet $= \frac{3}{8}$ du diamètre du poignet pour fonte, et $\frac{1}{2}$ du diamètre du poignet pour le fer.
Epaisseur de l'œil du poignet pour fer $= D \times 0.142$

Grandeur des tuyaux

en pouces

Diamètre du tuyau de prise de vapeur $= D \div 4$
Diamètre du tuyau d'injection $= \sqrt{D^2 \div 204}$
Diamètre du tuyau d'éjection = racine carrée de la force nominale $\times 1.2$
Diam. du tuyau d'échappement des soupapes de sûreté = racine carrée de la force nominale $\times 0.375 + 16.875$

ou $\sqrt{FN \times 0.375 + 16.875}$

Diamètres des soupapes de sûreté

Diamètre pour une seule en usage.... $\sqrt{0.5 \times FN + 22.5}$
Diam. lorsqu'il y en a deux.... ..... $\sqrt{0.25 \times FN + 11.25}$
" " " trois........... $\sqrt{0.167 \times FN + 7.5}$
" " " quatre .... $\sqrt{0.125 \times FN + 5.625}$
Diam. de la pompe alimentaire $= D^2 \div 30$
Longueur de la course $= \frac{1}{2}$ du cylindre à vapeur
Diam. du tuyau de l'alimentation $= D \times 0.141$
Capacité en pouces cubes de la pompe alimentaire $= D^2 \times l \div 30$
Capacité en pieds cubes de la pompe alimentaire $= D^2 \times l \div 4400$
Capacité du condenseur = capacité du cylindre $\times 0.6$.

NOTA. FN signifie Force Nominale ; *l*, longueur en pouces

Hautes pressions

Epaisseur du cylindre $= 0{,}06 \times D +$ [illegible]
Epaisseur des renforts $= \frac{1}{2}$ l'épaisseur du cylindre.

Epaisseur des rebords = D × 0,08
Longueur des lumières = D × 0,7
Largeur de la lumière de l'échappement = 1,5 de la lumière de prise.
Diam. de la tige du piston = D × 0.15
" " tiroir = D × 0.09
" de la bielle, aux bouts = D × 0.19
Renflement de la bielle = $\frac{1}{16}$ par pied de longueur.
Diam. du poignet de la manivelle = D × 0.23
Longueur de la portée du poignet = D × 0,34
Diam. de l'arbre coudé = D × 0,33

Force Nominale pour Hautes Pressions

Force nominales de chevaux...............	5	10	15	20	30	40	52
Diam. des cylindres en pouces............	8	11	13	15	18	20	22
Course en pouces.........................	18	24	29	33	40	45	50

Machines à haute et basse pression

Règle pour trouver le diamètre des axes pour machines à haute et basse pression à deux cylindres.
D....Diam. du cylindre à basse pression.
d.... " " à haute pression.
P....Pression en plus d'une atmosphère.
m....Longueur de la manivelle en pouces.
f....Diviseur proportionnel à l'angle des manivelles.
Le diamètre de l'axe est égal à la racine cubique de $d^2 \times P$, plus $D^2 \times 15 \times m$, et divisé par f, diviseur proportionnel.

$$\sqrt[3]{d^2 P \times 15 D^2 m \div f}$$

Pour machines à basse pression à deux cylindres :

$$\sqrt[3]{2 D^2 P m \div f}$$

Les constructeurs de première classe mettent généralement les axes plus forts que les grosseurs trouvées par la règle précédente.

Diviseur. f.	Angle des manivelles.	Pour arbres coudés et hélic.	Pour la partie dans le tunnel.
"	90°	2468	2880
"	100°	2279	2659
"	110°	2131	2487
"	120°	2016	2352
"	130°	1926	2248
"	140°	1858	2168
"	150°	1806	2108
"	160°	1772	2068
"	170°	1752	2045
"	180°	1746	2037

Règle pour trouver le diamètre d'un cylindre :

D.... Diamètre du cylindre en pouces.
d.... Diamètre de l'arbre coudé en pouces.
L.... Longueur de la manivelle en pieds.

$$6.55 \times d^3 \div L = D^2$$

Exemple.—Quel sera, suivant la formule précédente, le diamètre d'un cylindre, pour être en proportion d'un arbre coudé de 15 pouces de diamètre, et de 3 pieds ½ de course ?

$6.55 \times 15^3 \div 3.5 = 6316.07$.... carré du diamètre.

$\sqrt{6316.07} = 79.47$.... diamètre du cylindre.

L'arbre dans le tunnel, $3200 \times d^3 \div L =$ la pression tot. sur le piston.

Avec un cylindre de 50 pouces de diamètre, une longueur de course de 36 pouces, et un diamètre de l'arbre de 9 pouces, quelle sera la pression effective au pouce carré sur le piston ?

$$3200 \times 9^3 \div 36 = 64800 \text{ livres.}$$

Pression au pouce carré.... $64800 \div 50^2 \times 0.7854 = 33$ livres.

Pour trouver la pression avec les proportions suivantes : diamètre des cylindres 23 et 45 pouces, diamètre de l'arbre 8 pouces, course 33 pouces :

$t = 4936$ pour l'arbre coudé, et 5780 pour l'arbre du tunnel.
d.... Diamètre de l'arbre.
C.... Longueur de la course en pouces.
H.... Diamètre du cylindre à haute pression.
D.... Diamètre du cylindre à basse pression.

Formule : $(td^3 - 15CD^2) \div CH^2$

$$\frac{4936 \times 8^3 - 15 \times 33 \times 45^2}{33 \times 23^2} = \frac{2\,527\,232 - 1\,002\,375}{17\,457} = 87.35 \text{ livres}$$

Contrepoids

Comme il est souvent nécessaire de contre-balancer le poids des pistons, bielles, têtes de pistons, etc., dans les machines à grande vitesse, nous donnons ici une règle pour la force des boulons destinés à consolider les contrepoids.

Ex.—Quel doivent être les diamètres de deux boulons devant supporter une tension de 5 000 livres au pouce carré de section, pour un contrepoids de 15 000 livres à 1 pied ¾ du centre de rotation, faisant 62 révolutions par minute?

$$\frac{R^2 d}{5870} = \frac{062^2 \times 3\frac{1}{2}}{5870} = 2.292$$ = nombre de fois que le poids est rendu plus fort par la force centrifuge.

Alors $15\,000 \times 2.292 = 34380$.... force totale.

L'aire d'un boulon $= (34\,380 \div 5\,000) \div 2 = 3{,}438$

La racine carrée de $(3{,}438 \div 0.7854) = 2.09$ pouces.

LOCOMOTIVES

La *chaudière* est la partie la plus importante d'une locomotive ; c'est de ses proportions que dépend, en grande partie, le service de la machine ; il faut qu'elle soit construite avec économie de matière, de manière à donner la quantité requise de vapeur, sans qu'on soit obligé de réduire l'orifice de l'échappement au point de l'étouffer. Avec une chaudière trop petite il y a perte considérable de combustible et de pouvoir.

Règles pour trouver les principales parties d'une locomotive :

La grandeur des cylindres étant déterminée, toutes les proportions sont basées sur le diamètre.

La longueur des cylindres varie de 20 à 26 pouces de course.

Aire des lumières de prise....$D^2 \times 0.073$
Aire de lumières d'échappement....$D^2 \times 0.14$
Epaisseur du cylindre....$0.06 \times D + 2$
" des rebords....$0.08 \times D$
" des cloisons, de $1\frac{1}{8}$ à $1\frac{1}{4}$ pouce.
" du piston....$D \div 4$
Diamètre de la tige du piston....$D \div 6$
" de la tige du tiroir....$D \times 0.09$
" du tourillon de la tête du piston....$D^2 \div 72$
" du poignet de la manivelle....$D \times 0.26$
Longueur de la portée....$D \times 0.28$
Diamètre de l'axe coudé....$0.96 + \sqrt[3]{D^2}$
Longueur de la portée du poignet....$D \times 0.233$
" des portées de l'axe....$D \times 3.32$
Diamètre des axes de l'avant....$D \div 4$
Longueur des axes de l'avant....$D^2 \times 3.32$

Chaudière

Diamètre intérieur de la chaudière $= D \times 2.98$
Longueur de la chaudière, de 18 à 21 pieds
Diamètre intérieur du dôme....$D \times 1.625$
Hauteur du dôme....30 pouces
Diamètre d'une soupape de sûreté....$D \div 4$
Nombre de soupapes 2

Foyer

Aire du foyer....$D \times 1.06$
Aire de la surface de chauffe....$D^2 \times 8.5$
Capacité cubique du fourneau....$D \times 6$, ou $D^2 \times 0.38$
Epaisseur du fer....$\frac{3}{8}$ de pouce à $\frac{1}{2}$ pouce.
Epaisseur du fer des têtes....$\frac{5}{8}$ de pouce.
Diamètre extérieur des tubes....2 pouces.
Nombre des tubes, de 160 à 220.
Espace entre les tubes....$\frac{3}{8}$ de pouce.
Espace pour l'eau autour de la boîte à feu....3 pouces
Distance entre les étais de la boîte à feu....4 pouces.

Diamètre des étais....$\frac{7}{8}$ de pouce.
Capacité cubique pour l'eau....$9 \times D^2 \div 40$
" " " la vapeur....$9 \times D \div 40$
Le diamètre de la boîte à fumée égale le diamètre de la ch-
dière.
Longueur de la boîte à fumée, de 34 à 38 pouces.
Le diamètre de la cheminée égale le diamètre du cylindre
souvent 1 pouce de moins.
Hauteur au-dessus des rails....4 pieds 3 pouces.

Dimensions des tuyaux

Diamètre intérieur du tuyau de prise de vapeur....$D^2 \times 0$
Diamètre des branches....$D^2 \times 0.021$
" de l'orifice d'échappement....$D^2 \times 0.016$
" des tuyaux d'alimentation....$D \times 0,141$
" de la pompe alimentaire....$D \div 8$

Ressorts

Règle pour en calculer la force.
L....Longueur entre les points d'appui.
l ....Largeur de l'acier.
E....Epaisseur de l'acier.
N....Nombre de feuilles.
D....Déflexion en pouces par tonne.
P....Poids que peut porter le ressort avec sûreté.

$$\frac{lE^2N}{11,3L} = P \qquad \frac{11.3LP}{lE^2} = N \qquad \frac{0.14L^3}{E^3lN} = D$$

Contrepoids des roues motrices

Règle pour trouver le poids qui doit être contre-balancé da
les roues motrices de l'avant.

Pour une locomotive à quatres roues motrices, avec cylindr
en dehors :

Il faut prendre les poids du piston, de sa tige, de la tête
piston, du piston de la pompe, et de la partie d'avant de la gran
bielle ; nous désignerons cet ensemble par le nom des *parties* ré
proques.

Ensuite relever le poids du poignet, de son œil, de la par
d'arrière de la grande bielle, et la moitié du poids de la bie
latérale ; à cela, ajouter la moitié du poids des parties réciproqu
La somme sera le poids qui doit être contre-balancé dans les rou
motrices de l'avant.

Pour les roues motrices de l'arrière, il faut trouver le poids
poignet, de son œil ou du renflement qui le reçoit, la moitié
poids de la bielle latérale ; à cela ajouter la moitié du poids
parties réciproques ; la somme sera le poids à contre-balancer



Lorsque la forme du contrepoids est déterminée, il faut trouver son centre de gravité ; à cette fin, on suspend un *gabarit* en bois par un des coins, et l'on continue la verticale jusqu'au bas ; ensuite on en fait autant par un autre coin ; l'intersection des deux lignes indique où se trouve le centre de gravité du contrepoids.

Ayant déterminé la position du contrepoids, on trouve le poids exact comme suit :—la distance du centre de gravité au centre de l'axe : la longueur de la manivelle :: le poids à contre-balancer : contrepoids.

P....poids à contre-balancier.
D....Distance du centre de gravité au centre de l'axe.
M....Longueur de la manivelle.
C....Contrepoids.

D : M :: P : C

Contraction des Bandages d'acier

$\frac{1}{36}$	de pouce pour des roues de		3 pieds 6 pouces
$\frac{1}{32}$	"	"	4 pieds.
$\frac{1}{28}$	"	"	4 pieds 6 pouces.
$\frac{1}{20}$	"	"	5 pieds
$\frac{1}{16}$	"	"	5 pieds 6 pouces.
$\frac{1}{12}$	"	"	6 pieds.

Résistance des Convois

La résistance totale d'un convoi se compose d'éléments très divers :

1. Le frottement de glissement des fusées sur les coussinets ;
2. Le frottement de roulement sur les rails ;
3. Le frottement de glissement des roues sur les rails, résultant, dans les voies en ligne droite, du mouvement de lacet ou mouvement serpentant des voitures, et dans les courbes, du parallélisme des essieux, et de l'insuffisance de la conicité des roues dans les courbes de petit rayon, du choc des roues sur les rails au passage des joints, de l'action d'un vent oblique ou de côté ;
4. La résistance de l'air modifiée dans ses effets par la direction et l'intensité du vent ;
5. Le frottement propre des organes de la machine ;
6. La gravité ou pesanteur.

En présence de causes de variations aussi multipliées, il est impossible d'établir la valeur des coefficients de résistance.

Adoptons une moyenne qui rentre dans les conditions ordinaires de la pratique : 8 livres par tonne, car la résistance actuelle ne peut être obtenue que par le dynamomètre. A une vitesse de 60 milles à l'heure, la moitié du pouvoir déployé est absorbée pour surmonter les résistances.

Cependant les règles suivantes ont été adoptées.

RÈGLE 1.—Pour trouver la résistance totale de la machine, du

tender, du fourgon et du convoi, faites le carré de la vitesse en milles par heure, divisez par 171, et ajoutez 8 au quotient ; le résultat sera la résistance totale en livres par tonne, sur les rails; ajoutez 50 pour cent pour les courbes à petit rayon, le vent, etc.

Règle II.—Pour trouver la résistance du convoi seul, à une vitesse donnée, faites le carré de la vitesse en milles par heure, divisez par 240, et ajoutez 6 au quotient ; le résultat sera la résistance en livres par tonne.

Règle III.—Pour trouver la résistance de la machine et du tender seulement, avec un convoi et une vitesse donnés :

1. Trouvez d'abord la résistance du convoi par la règle II ;
2. Divisez le carré de la vitesse par 600, et ajoutez 2 ; multipliez le résultat par le poids total de la machine, du tender et du convoi ; le quotient sera le frottement total de la machine;
3. La somme des deux résultats sera la résistance totale en livres par tonne sur les rails.

TABLE

Indiquant la résistance en livres à une vitesse de 6 milles à l'heure

Frottement.....8 livres par tonne.

Elévation de rampe, en pieds par mille.	Résistance du convoi en livres par tonne.	Rampe : pieds par mille.	Résistance en livres par tonne.	Rampe : pieds par mille.	Résistance du convoi en livres par tonne.
A niveau.	8.				
		70 pieds.	34.5	140 pieds.	61.
5 pieds.	9.9	75 "	36.4	145 "	62.9
10 "	11.8	80 "	38.3	150 "	64.8
15 "	13.7	85 "	40.2	155 "	66.6
20 "	15.6	90 "	42.1	160 "	68.2
25 "	17.5	95 "	44.	165 "	70.5
30 "	19.4	100 "	45.9	170 "	72.3
35 "	21.2	105 "	47.7	175 "	74.2
40 "	23.1	110 "	49.6	180 "	76.
45 "	25.0	115 "	51.5	185 "	78.1
50 "	26.9	120 "	53.4	190 "	79.9
55 "	28.8	125 "	55.3	195 "	81.8
60 "	30.7	130 "	57.	200 "	83.7
65 "	32.6	135 "	59.1		

Règle IV.—Pour trouver la résistance d'un convoi sur une rampe montante, multipliez l'élévation en pieds par mille par 0.3787, le produit sera la résistance en livres par tonne de 2000 ivres, en ajoutant 8 pour les frottements.

Ex.—Quelle sera la résistance totale d'un convoi de 200 tonnes, sur une rampe de 75 pieds par mille ? 200 × 36,4=7280 livres.

Il faut remarquer en passant que ce n'est pas la pression motrice qui se règle sur la résistance ; ce sont, au contraire, les résistances de toutes sortes qui croissent par suite de l'accélération de la vitesse, jusqu'à ce qu'elles fassent équilibre à la pression de la vapeur.

Résistances dues à la gravitation

Elévation.	charge	Elévation.	charge	Elévation.	charge
1 sur 100......	0.90	1 sur 40......	0.72	1 sur 24.......	0.50
1 " 50......	0.81	1 " 30......	0.64	1 " 20.......	0.40
1 " 44......	0.75	1 " 26......	0.54	1 " 10.......	0.25

Puissance dynamique

La puissance dynamique des locomotives est essentiellement variable, suivant la volonté du mécanicien et suivant les besoins du service ; son maximum est donc seul intéressant à connaître.

Le maximum de puissance est égal à la force adhésive des roues motrices sur les rails, résultant du poids des roues motrices et de la partie du poids de la machine qu'elles supportent. Si la somme de toutes les résistances d'un convoi est plus grande que la force adhésive, les roues motrices glisseront sur les rails sans faire avancer le train.

La force adhésive est égale au poids que pourrait lever la machine avec une courroie passant sur une poulie d'un diamètre égal aux roues motrices.

Pour trouver la force adhésive :

1. Règle V. Multipliez le carré du diamètre du cylindre par la longueur de la course, puis par la moyenne de la pression au pouce carré, et divisez par le diamètre des roues motrices en pouces, le quotient exprimera la force adhésive.

d....Diamètre du cylindre, en pouces
L....Longueur de la course, en pouces
D....Diamètre des roues motrices, en pouces
P....Pression moyenne en livres au pouce carré.
F....Force adhésive.

$$F=\frac{d^2LP}{D}$$

2. Règle VI, généralement adoptée. La force adhésive est considérée comme égale à $\frac{1}{6}$ du poids sur les roues motrices, lorsque les rails sont secs et en bon état.

Ex.—Quelle est la force adhésive ou la puissance dynamique d'une locomotive dont le poids sur les roues motrices est de 18 tonnes ?

$$2000 \text{ lbs} \times 18 = 36000$$
$$3600 \div 6 = 6000$$

$$F = \frac{2000\ P}{6}$$

Des principes énoncés dans les règles I, et IV, on déduit la formule suivante :

$$N = \frac{F}{G + R} = P$$

G....Résistance de la gravité.
R....Résistance due à la vitesse.
F....Force adhésive, ou de *traction*.
P....Poids de la machine et du tender.
N....Nombre de tonnes traînées.

Ex.—Quel est le nombre de tonnes que peut traîner une locomotive ayant, avec son tender, un poids de 30 tonnes ? Diamètre du cylindre 16 pouces, course 24 pouces, diamètre des roues motrices 5 pieds, pression moyenne de vapeur 100 livres, sur une rampe de 75 pieds par mille, avec une vitesse de 20 milles à l'heure.

G=28.4
R=10.34+50 pour cent pour courbes à petits rayons.
F=10 240 livres
P=30 tonnes
N=x, nombre de tonnes traînées.

$$N = \frac{10\ 240}{28.4 + 15.51} - 30 \text{ ou } \frac{10\ 240}{43.91} - 30 = 203{,}25 \text{ environ}$$

La chaudière d'une locomotive se divise en trois parties distinctes : la boîte à feu, la partie cylindrique, la boîte à fumée.

Le corps de la chaudière est en acier ou en fer de première qualité, la tôle ayant de $\frac{3}{8}$ à $\frac{1}{2}$ pouce d'épaisseur, rivetée avec des rivets de $\frac{3}{4}$ de pouce, à 1 pouce $\frac{3}{4}$ de distance de centre en centre.

L'intérieur de la boîte à feu varie en épaisseur de $\frac{5}{16}$ à $\frac{7}{16}$ de pouce ; lorsqu'on fait usage de cuivre, l'épaisseur est de $\frac{3}{8}$ à $\frac{1}{2}$ pouce. La forme du fourneau est rectangulaire, et le ciel du fourneau est supporté par des barres transversales avec des boulons d'un pouce de diamètre, placés à $4\frac{1}{2}$ à 5 pouces de distance.

Les barres sont généralement par paires, d'un pouce d'épaisseur sur 4 pouces de hauteur au centre, et 3 pouces $\frac{1}{4}$ à chaque bout, où elles sont soudées, et formées de manière à porter sur les feuilles verticales des côtés, en laissant un espace de 1 pouce $\frac{1}{4}$ entre les barres et le dessus du fourneau, avec une rondelle d'épaisseur à chaque boulon, pour faciliter la circulation de l'eau.

L'espace alloué pour l'eau autour du fourneau est de 3 pouces ; les parties planes sont supportées par des étais filetés de $\frac{7}{8}$ de pouce de diamètre, à une distance de 4 pouces. Les tubes occupent environ les $\frac{2}{3}$ de la partie cylindrique.

La boîte à fumée est à l'avant, et occupe environ 38 pouces en longueur.

Des trous de nettoyage sont ménagés à chaque coin de la boîte à feu ; dans les dernières constructions, ces trous sont de forme ovale, $3\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2}$ pouces ; il est aussi nécessaire qu'il y ait un trou de nettoyage en avant, au bas de la partie cylindrique de la chaudière.

A l'intérieur de la chaudière, il y a aussi 8 étais de bout en bout, d'un pouce de diamètre, arrêtés à une cornière ou passant au dehors avec un écrou ; de plus 12 autres étais entre les barres transversales et le haut de la chaudière.

Le dôme de prise de vapeur est placé sur le centre, au-dessus de la boîte à feu, avec 8 étais de $\frac{7}{8}$ de pouce entre les barres transversales et les côtés du dôme ; à l'intérieur du dôme se trouve le régulateur ; le meilleur est celui de Morse, ou valve à équilibre.

Tender

Le tender doit être aussi grand que possible, sa capacité doit être de 125 gallons par pouce de diamètre du cylindre.

Pour une machine dont le cylindre est de 16 pouces, la capacité sera $16 \times 125 = 2200$ gallons. Le poids des tenders varie de 9 à 11 tonnes.

En Amérique, les roues motrices sont généralement en fonte, avec raies creuses et bandages d'acier, tandis qu'en Europe, généralement les roues sont forgées.

Excentriques

Une locomotive a deux excentriques pour chaque cylindre, un pour le mouvement à l'avant, et un pour le mouvement à l'arrière.

L'excentrique est en fonte, et a de 2 pouces à 2 pouces $\frac{1}{2}$ d'épaisseur : en Amérique, le collier est en fonte ; en Europe, le collier est en fer doublé de bronze.

Le mouvement de l'excentrique est transmis au tiroir directement ou indirectement ; le mouvement est transmis indirectement au tiroir par un arbre de transmission, tandis qu'avec un mouvement direct, cet arbre n'est point nécessaire.

Coulisse de changement de marche

L'application des coulisses de changement de marche se divise en deux classes.

1ère classe. Coulisse stationnaire avec coulisseau mobile.

2ème classe. Coulisse mobile avec coulisseau stationaire. Cette dernière est celle qui est le plus en usage en Amérique, et la seule qui doivent nous occuper.

Avec la coulisse mobile, le mouvement du tiroir est variable a volonté, c'est par ce moyen (un peu défectueux) que l'on peut obtenir la quantité de détente nécessaire à l'économie.

Pour qu'on puisse faire usage de la coulisse mobile pour la détente, il faut, dans la construction, dévier un peu du principe, surtout dans la longueur du rayon de la courbe, en vue d'obtenir une égale distribution de vapeur à chaque bout du cylindre.

La détente s'obtient en rapprochant le coulisseau du centre de la coulisse, ce qui diminue la course du tiroir. Ce rapprochement du coulisseau s'obtient par le moyen du levier à cliquetage, en le rapprochant du milieu de l'arc du secteur : ce levier est celui dont on se sert pour renverser le mouvement.

Il résulte de cette opération un inconvénient, celui d'augmenter l'avance à contre-vapeur, et de causer une plus grande compression, au point d'être préjudiciable avec un tiroir qui aurait un fort recouvrement.

Comme on a pu le voir dans un article précédent, la différence des points d'interception à chaque bout du cylindre est due à la longueur de la bielle, mais, dans la locomotive, on est parvenu à régulariser la distribution de la vapeur d'une manière satisfaisante, en modifiant la coulisse, limitant le recouvrement, et surtout dans la position dn point de suspension de la coulisse sur l'étrier ; c'est ce point qui a la plus grande influence sur l'égale distribution de la vapeur.

La modification de la coulisse consiste dans sa courbe, dont le rayon est plus court que la distance du centre de la coulisse au centre de l'axe des roues motrices ; quelques constructeurs ont donné $\frac{3}{4}$ de pouce de plus que la courbure naturelle. Cette modification a pour but de réduire l'augmentation d'avance à contre-vapeur due au rapprochement du coulisseau, vers le centre de la coulisse, pour obtenir la détente voulue ; la position du point de suspension de la coulisse régularise l'égale distribution.

Dans le but de régulariser la distribution avec la détente, quelques constructeurs ont donné au tiroir plus de recouvrement extérieur à un bout qu'à l'autre. Cela n'est pas nécessaire, car la position du point de suspension surmonte cette difficulté.

Il est impossible de déterminer ici ce point si essentiel, sans donner tous les détails de la machine ; impossible également de donner des règles, car la position de ce point dépend de la quantité de recouvrement du tiroir, de sa course, de la longueur des tiges de l'excentrique, et des articulations ; cependant on peut dire que ce point varie de $\frac{1}{8}$ à $\frac{3}{8}$ de pouce en arrière du centre de la coulisse, ou vers les roues motrices.

Mouvement latéral alloué sur les portées des essieux :

Roues de l'avant.....$\frac{1}{2}$ pouce
Roues motrices de l'avant....$\frac{1}{4}$ de pouce
Roues motrices de l'arrière....$\frac{3}{4}$ de pouce

Diamètre des Roues

Chars à passagers....33 à 42 pouces
Chars à marchandises....33 pouces
Truc à l'avant des machines....20 à 24 pouces.

Les projections d'une hélice de bateau

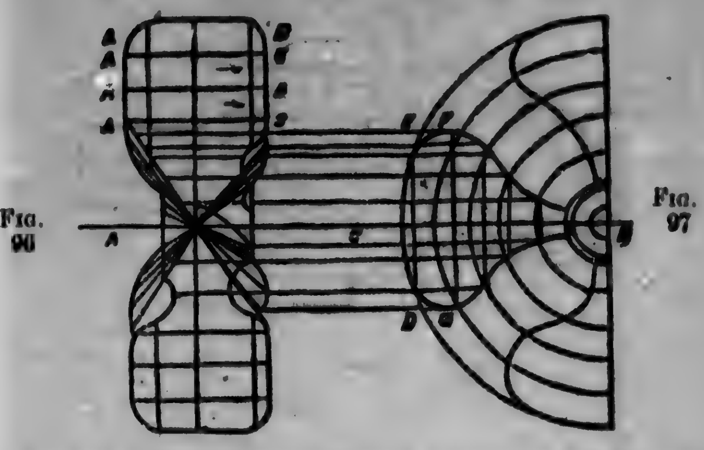


Fig. 96 Fig. 97

Les deux figures que nous donnons ici montrent l'hélice propulsive des bateaux en deux sens différents : à gauche, c'est la projection de l'hélice sur un plan vertical mené parallèlement à l'axe longitudinal du bateau ; à droite, c'est la projection d'une moitié de l'hélice sur un plan vertical mené perpendiculairement à l'axe longitudinal du bateau.

Les lignes auxiliaires aident à voir la correspondance des diverses parties des deux figures.

La seconde figure montre qu'il s'agit ici d'une hélice à 4 ailes ces 4 ailes sont les éléments ou fragments de 4 hélices semblables montées sur un même axe, et équidistantes entre elles.

" Ce n'est que par tâtonnement que l'on a pu déterminer les " dimensions de l'hélice de manière à donner le résultat le plus " avantageux. En général, quand on augmente la surface de " l'hélice, ou diminue le recul, mais le frottement augmente ; et " il est indispensable de consulter l'expérience pour obtenir les proportions les plus favorables. " (Sonnet, *Dictionnaire des mathématiques appliquées.*)

Dans des expériences faites avec le vapeur à hélice *Napoléon*, de la marine française, on a trouvé que, le travail utile étant représenté par 1, le travail nécessaire pour mettre l'eau en mouvement est 0,190, et le travail consommé par le frottement de l'eau 0,296, d'où résulte un travail de 1,486 fourni par le moteur.

Sur 100 unités de travail produites par le moteur, il y en a donc près de 13 absorbées par le travail de recul ou le mouvement de l'eau, et 20 consommées par le frottement ; le reste 67 représente le travail utilisé.

Tête de Bielle

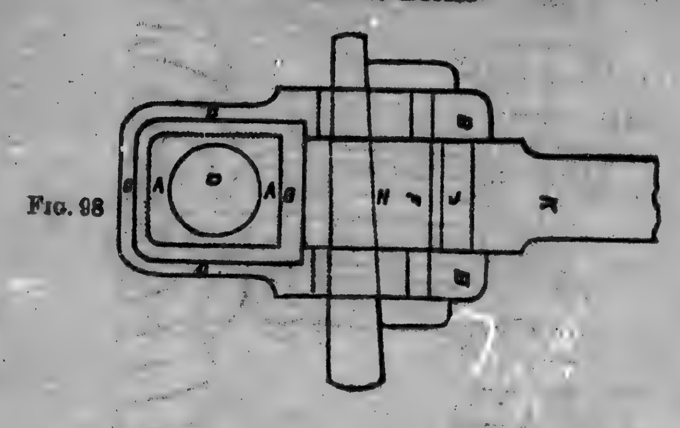


Fig. 98

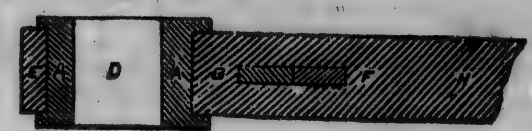


Fig. 99

D = Diamètre de la portée en pouces.

A = .1D + .15	G = .35 D + .12
B = D + .14 A	H = D
C. = .3 D + .06	J = .5 D + .4
E. = .33 D + .06	K = .9 D
F. = .37 D + .12	

Epaisseur de la clavette = .2 D + .06.

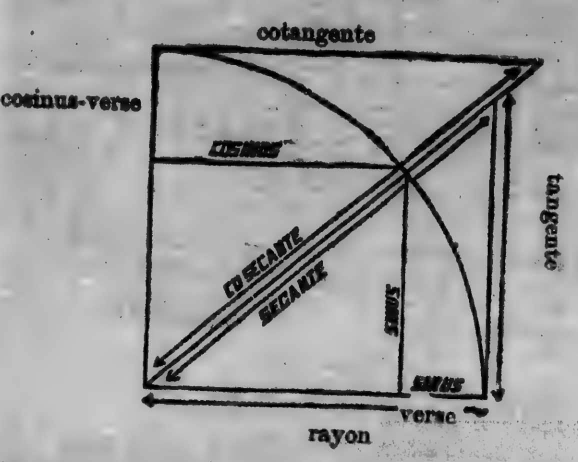
Conicité de la clavette : 1 dans 16.

TRIGONOMETRIE

La *Trigonométrie* est l'art de mesurer les triangles. Nous avons cru nécessaire d'insérer ici ce qui suit, comme aide-mémoire pour la solution des problèmes les plus fréquents dans la pratique des artisans.

La figure suivante sert à faire connaître les termes en usage dans la trigonométrie.

Fig. 100



Le *complément* d'un angle est la différence de cet angle à 90 degrés.

Le *supplément* d'un angle est la différence de cet angle à 180 degrés.

Equivalents trigonométriques

Le rayon égale 1, c'est-à-dire que l'on est censé prendre le rayon comme unité pour mesurer les diverses lignes de la figure.

La racine carrée de 1 moins le carré du sinus égale le cosinus.

$$\sqrt{1-\sin^2} = \text{cosinus}$$

Le sinus divisé par la tangente égale le cosinus

sinus × cotangente = cosinus
sinus ÷ cosinus = tangente
cosinus ÷ sinus = cotangente
cosinus ÷ cotangente = sinus
tangente ÷ sinus = sécante
tangente ÷ sécante = sinus
tangente × cotangente = 1

$$\sqrt{1-\cos^2} = \text{sinus}$$

1 ÷ cotangente = tangente
1 ÷ sinus = cosécante

$1 \div$ cosécante $=$ sinus
$1 \div$ sécante $=$ cosinus
$1 \div$ tangente $=$ cotangente
Rayon — cosinus $=$ sinus-verse
Rayon — sinus $=$ cosinus-verse

Pour un rayon quelconque, la longueur absolue d'un arc égale le nombre de degrés $\times$ 0,017 453 du rayon.

Si le rayon est pris comme unité, on a :

Arc de 1 degré	0,017 453 29
Arc de 1 minute	0,000 290 88
Arc de 1 seconde	0,000 004 848
Nombre de degrés dans un arc dont la longueur est égale au rayon	57° 295 779 5

La demi-circonférence, ou $\pi = 3{,}141\ 592\ 653\ 589\ 79$

Logarithme de π 0,497 149 9

$\pi \div \sqrt{2} = 2{,}221\ 441\ 5$	$\pi \times \sqrt{2} = 4{,}442\ 88$
$\sqrt{2} \div \pi = 0{,}450\ 158\ 2$	$\pi^2 = 9{,}869\ 604\ 4$
$\sqrt{\tfrac{1}{2}\pi} = 1{,}253\ 3$	$1 \div \pi^2 = 0{,}101\ 321\ 2$
$1 \div \pi = 0{,}318\ 309\ 9$	$\sqrt{\pi} = 1{,}772\ 453\ 8$
$2 \div \pi = 0{,}636\ 619\ 77$	$1 \div \sqrt{\pi} = 0{,}564\ 189{,}6$
$3 \div \pi = 0{,}954\ 929\ 66$	$\tfrac{1}{2}\pi = 1{,}570\ 796\ 3$
$360 \div \pi = 114{,}591\ 56$	$\tfrac{1}{3}\pi = 1{,}047\ 197\ 5$
$\sqrt{2 \div \pi} = 0{,}797\ 884\ 6$	$\pi \div 360 = 0{,}008\ 726\ 64$

Nota. Lorsqu'on prend le rayon comme unité, la demi-circonférence est regardée comme égale à 3,1416 ; cette valeur approximative suffit pour les calculs pratiques, puisqu'elle permet, avec des données de cinq chiffres, d'obtenir aussi des résultats de cinq chiffres.

SINUS, COSINUS, etc., NATURELS

(De zéro à 45 degrés, suivez les titres du haut)

Dergés	Sinus	Cos.-verses	Cosécantes	Tangentes	Cotangentes	Sécantes	Sin-verses	Cosinus	
0	0,000 00	1.000 00	Infinie	0.000 00	Infinie	1.000 00	0,000 0	1.000 00	90
1	.017 45	0,982 54	57.298 6	.017 45	57.289 9	1.000 15	.000 1	0.999 84	89
2	.034 89	.965 10	28.653 7	.034 92	28.636 2	1.000 60	.000 6	.999 39	88
3	.052 33	.947 66	19.107 3	.052 40	19.081 1	1.001 37	.001 3	.998 62	87
4	.069 75	.930 24	14.335 5	.069 92	14.300 6	1.002 44	.002 4	.997 56	86
5	0.087 15	0.912 84	11.473 7	0.087 48	11.430 0	1.003 81	0.003 8	0.996 19	85
6	.104 52	.895 47	9.514 3	.105 10	9.514 3	1.005 50	.005 4	.994 52	84
7	.121 86	.878 13	8.205 5	.122 78	8.144 3	1.007 75	.007 4	.992 54	83
8	.139 17	.860 82	7.185 2	.140 54	7.115 3	1.009 82	.009 7	.990 26	82
9	.156 43	.843 56	6.392 4	.158 38	6.313 7	1.012 46	.012 3	.987 68	81
10	0.173 64	0.826 35	5.758 7	0.176 32	5.671 2	1.015 42	1.015 1	0.984 80	80
11	.190 80	.809 19	5.240 8	.194 38	5.144 5	1.018 71	.018 3	.981 62	79
12	.207 91	.792 08	4.809 7	.212 55	4.704 6	1.022 34	.021 8	.978 14	78
13	.224 95	.775 04	4.445 4	.230 86	4.331 4	1.026 30	.025 6	.974 37	77
14	.241 92	.758 07	4.133 5	.249 32	4.010 7	1.030 61	.029 7	.970 29	76
15	0,258 81	0.741 18	3.863 7	0.267 94	3.732 0	1.035 27	0.034 0	0.965 92	75
16	.275 63	.724 36	3.627 9	.286 74	3.487 4	1.040 29	.038 7	.961 26	74
17	.292 37	.707 62	3.420 6	.305 73	3.270 8	1.045 69	.043 6	.956 30	73
	Cosinus	Sinus-verses	Sécantes	Cotangentes	Tangentes	Cosécantes	Cosinus-verses	Sinus	Degrés

(De 45 à 90 degrés, suivez les titres du bas)

SINUS, COSINUS, etc., NATURELS

(De zéro à 45 degrés, suivez les titres du haut)

Degrés	Sinus	Cos.-verses	Cosécantes	Tangentes	Cotangentes	Sécantes	Sin.-verses	Cosinus	
18	.309 01	.690 98	3.236 0	.324 91	3.077 6	1.051 46	.048 9	.951 05	72
19	.325 56	.674 43	3.071 5	.344 32	2.904 2	1.057 62	.054 4	.945 51	71
20	0.342 02	0.657 97	2.923 8	0.363 97	2.747 4	1.064 17	0.060 3	0.939 69	70
21	.358 36	.641 63	2.790 4	.383 86	2.605 0	1.071 14	.064 4	,933 58	69
22	.374 60	,625 39	2.669 4	.404 02	2.475 0	1,078 53	.072 8	.927 18	68
23	.390 73	.609 26	2.559 3	.424 47	2.355 8	1.086 36	.079 4	.920 50	67
24	.406 73	.593 26	2.458 5	.445 22	2.246 0	1.094 63	.086 4	.913 54	66
25	0.422 61	0.577 38	2.366 2	0.466 30	2.144 5	1.103 37	0.093 6	0.906 30	65
26	.438 37	.561 62	2.281 1	.487 73	2.050 3	1.112 60	.101 2	.898 79	64
27	.453 99	.546 00	2.202 6	.509 52	1.962 6	1.123 32	.108 9	.891 00	63
28	.469 47	.530 52	2.130 0	.531 70	1.880 7	1.132 57	.117 0	.882 94	62
29	.484 80	.515 19	2.062 6	.554 30	1.804 0	1.143 35	.125 3	.874 61	61
30	0,500 00	0.500 00	2.000 0	0.577 35	1.732 0	1.154 70	0.133 9	0.866 02	60
31	.515 03	.484 06	1.941 6	.600 86	1.664 2	1.166 63	.142 8	.857 16	59
32	.529 91	.470 08	1.887 0	.624 86	1.600 3	1.170 17	.151 9	.848 04	58
33	.544 63	.455 36	1.836 0	.649 40	1.539 8	1.192 36	.161 3	.838 67	57
34	.559 19	.440 80	1.788 2	.674 50	1.482 5	1.206 21	.170 9	.829 03	56
35	0.573 57	0.426 42	1.743 4	0.700 20	1.428 1	1.220 77	0.180 8	0.819 15	55
	Cosinus	Sinus-verses	Sécantes	Cotangentes	Tangentes	Cosécantes	Cosinus-verses	Sinus	Degrés

(De 45 à 90 degrés, suivez les titres du bas)

SINUS, COSINUS, etc., NATURELS

	Cosinus	Sinus-verses	Sécantes	Cotangentes	Tangentes	Cosécantes	Cosinus-verses	Sinus	Degrés

(De 45 à 90 degrés, suivez les titres du bas)

SINUS, COSINUS, etc., NATURELS

(*De zéro à 45 degrés, suivez les titres du haut*)

Degrés	Sinus	Cos.-verses	Cosécantes	Tangentes	Cotangentes	Sécantes	Sin.-verses	Cosinus	
36	.587 78	.412 21	1.701 3	.726 54	1.376 3	1.236 06	.190 9	.809 01	54
37	.601 81	.398 18	1.661 6	.753 55	1.327 0	1.252 13	.201 3	.798 63	53
38	.615 66	.384 33	1.624 2	.781 28	1.279 9	1.269 01	.211 9	.788 01	52
39	.629 32	.370 67	1.589 0	.809 78	1.234 8	1.286 75	.222 8	.777 14	51
40	0.642 78	0.357 21	1.555 7	0.839 09	1.191 7	1.305 40	0.233 9	0.766 04	50
41	.656 05	.343 94	1.524 2	.869 28	1.150 3	1.325 01	.245 2	.754 70	49
42	.669 13	.330 86	1 494 4	.900 40	1.110 6	1.345 63	.256 8	.743 14	48
43	.681 99	.318 00	1.466 2	.932 51	1.072 3	1.367 32	.268 6	.731 35	47
44	.694 65	.305 34	1.439 5	.965 68	1.035 5	1.390 16	.280 6	.719 33	46
45	0.707 10	0.292 89	1.414 2	1.000 00	1.000 0	1.414 21	0.292 8	0.707 10	45
	Cosinus	Sinus verses	Sécantes	Cotangentes	Tangentes	Cosécantes	Cosinus-verses	Sinus	Degrés

(De 45 à 90 degrés, suivez les titres du bas)

Triangles rectangles

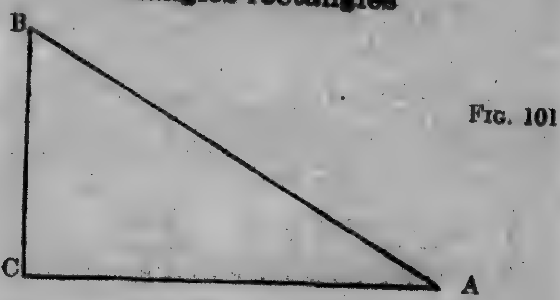


Fig. 101

AB....Hypoténuse.
AC....Base.
BC....Perpendiculaire.

$$\sqrt{\text{Base}^2 + \text{Perp.}^2} = \text{Hypoténuse.}$$

$$\sqrt{(\text{Hyp.} + \text{Perp.}) \times (\text{Hyp.} - (\text{Perp.})} = \text{Base.}$$

$$\sqrt{\text{Hyp} + \text{Base}) \times (\text{Hyp} - \text{Base})} = \text{Perpendiculaire.}$$

Angle B....complément de A ou 90°—A

$$A + B + C = 90°$$

Sinus A = BC ÷ AB — Cosinus A = AC ÷ AB

Tangente A = BC ÷ AC — Cotangente A = AC ÷ BC

Sécante A = AB ÷ AC — Cosécante A = AB ÷ BC

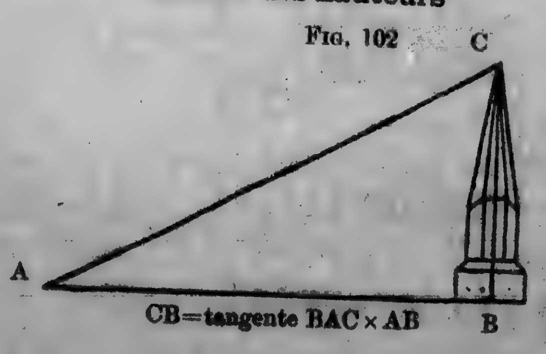
$$\text{Sinus-verse } A = \frac{AB - AC}{AB} \qquad \text{Cosinus-verse } A = \frac{AB - BC}{AB}$$

BC = AB cosin B
AC = AB sinus B

AB = BC sécante B

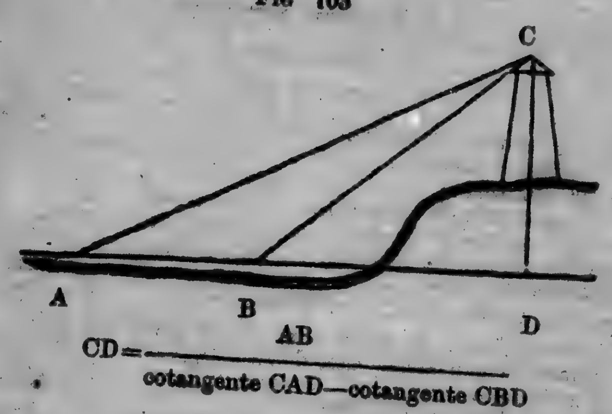
Mesure des hauteurs

Fig. 102



CB = tangente BAC × AB

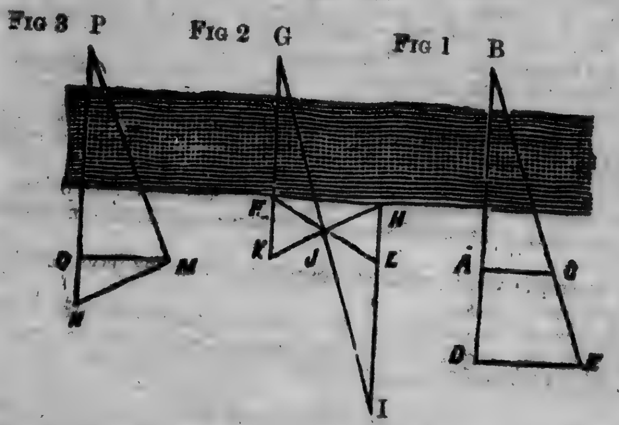
Fig 103



$$CD = \frac{AB}{\text{cotangente } CAD - \text{cotangente } CBD}$$

Mesure des distances inaccessibles

Fig 104



Dans le cas de la figure 1, relevez les distances AC et DE, faisant le même angle avec BD.

$$AB = \frac{AC \times AD}{DE - AC}$$

Dans le cas de la figure 2, prenez deux points quelconques H et K ; joignez-les par une ligne droite, et divisez cette ligne en deux parties égales, en J ; faites JL=JF ; par les points H et L menez la droite HI ; la ligne GJ prolongée coupe HI, et la distance LI est égale à FG.

Dans le cas de la figure 3, élevez OM perpendiculaire à OP, et menez MN à angle droit avec MP ; alors

$$MO^2 + ON = OP$$

Renseignements

Chronologie

pour l'an 1885.

De la Création du monde (Bénédictins) .... 6848.
De la période Julienne .... 6597.
De l'Ère chrétienne .... 1885.
De la Découverte de l'Amérique .... 394.
De la Découverte du Canada .... 352.
Invention des moulins à farine, ... l'an 214.
Découverte du verre, ... l'an 667.
Invention du thermomètre et du baromètre, ... l'an 1627.

L'année se divise en douze mois, et comprend 365 jours.

Un mois de calendrier varie de 28 à 31 jours.

Le mois de la Lune est de 29 jours 12 heures 44 minutes 2 secondes et 9 dixièmes de seconde.

L'année solaire est de 365,242 216 6 jours moyens, ou 365 jours 5 heures 48 minutes et 47,513 secondes.

L'année bissextile est comptée de 366 jours ; par suite, la moyenne de l'année julienne est de 365,25 jours, ce qui fait un excédent de jour 0,007 783 4 sur la durée réelle, ou 1 jour dans 128 ans 478 millièmes, ou 3 jours en 100 ans.

En 1582, les computations de l'année julienne, comptées depuis le Concile de Nicée, tenu l'an 325, donnaient une erreur de 10 jours ; en conséquence, par ordre du Pape Grégoire XIII, dix jours furent supprimés, et le 5 octobre 1582 fut considéré comme le 15.

L'erreur, par la computation julienne, est de 0,00776 jour, ou près de 1 jour dans128,478 ans, ou de 3 jours 113 millièmes en 400 ans.

Le calendrier Grégorien est adopté par tous les pays chrétiens, excepté par la Russie.

L'erreur par le calendrier Grégorien est de 2835 dix-millionnèmes par an, ce qui ferait 1 jour en 3527 ans ; on ne comptera pas comme bissextile l'année 4000.

Lettre dominicale

La *lettre dominicale* ou lettre du dimanche, est une des sept premières lettres de l'alphabet, et son usage est de déterminer le jour de la semaine correspondant à une date donnée.

Dans le *calendrier ecclésiastique*, on place la lettre A au premier de Janvier, B au second, et ainsi de suite, jusqu'à la septième lettre ; la lettre qui se trouve vis-à-vis le premier dimanche se retrouve vis-à-vis de tous les Dimanches de l'année.

Dans l'*année ecclésiastique*, le jour ajouté à l'année bissextile est censé intercalé après le 23 février ; alors le 24 et le 25 ont la même lettre, et la lettre dominicale recule d'un jour.

Dans l'*Année civile* ce n'est qu'à la fin de février que le jour est ajouté, et le changement de lettre Dominicale a lieu le 1er mars.

Pour trouver la lettre dominicale

Règle.—Le siècle étant donné, divisez les siècles et les année séparément par 4, et les années par 7 ; multipliez les restes respectifs par 2, 2 et 4 ; ajoutez 1 à la somme de ces produits, et divisez cette somme par 7, le reste sera le nombre correspondant à la lettre dominicale cherchée ; s'il n'y a pas de reste, la lettr sera G.

Ex.—Quelle sera la lettre dominicale pour l'année 1942 ?
Siècles.... $19 \div 4 = 4$ avec 3 pour reste ;
$42 \div 4 = 10$ avec 2 pour reste ;
$42 \div 7 = 6$, avec 0 pour reste.
Donc les restes sont 3, 2, 0.
Alors $3 \times 2 = 6$; $2 \times 2 = 4$; 0×4 0
$6 + 4 + 0 + 1 = 11$
$11 \div 7 = 1$, avec 4 pour reste.
Ce nombre 4 correspond à la lettre D, qui sera la lettre dominicale en 1942.

L'année bissextile a deux lettres dominicales : l'une sert avant le jour intercalé, et l'autre après.

Le *cycle dominical* est une période de 400 ans, amenant le retour des mêmes lettres dominicales et des mêmes jours de la semaine pour l'année.

Cycle Solaire

Le *cycle solaire* est une période de 28 ans, ramenant les mêmes lettres dominicales aux même dates des mois. On a commencé à compter le cycle solaire à la 9e année avant notre ère.

Règle.—Pour trouver le rang d'une année quelconque dans le cycle solaire, ajoutez 9 au millésime de l'année, et divisez par 28 ; le quotient sera le nombre de cycles complets, et le reste sera le nombre d'années déjà comptées du cycle courant.

Cycle lunaire et nombre d'Or

Le *cycle lunaire* est une période de 19 ans, ramenant les nouvelles lunes aux mêmes jours de l'année.

L'année première de notre ère a été en même temps la première année d'un cycle lunaire.

Le *Nombre d'or* d'une année n'est autre chose que le numéro d'ordre de cette année dans le cycle lunaire courant.

Règle.--Ajoutez 1 au millésime de l'année, et divisez par 19 ; le reste sera le nombre d'or; s'il n'y a pas de reste le nombre d'or sera 19.

Ex. Quel est le nombre d'or pour l'année 1883 ?
$(1883 + 1) \div 19 = 99$, avec le reste 3, qui est le nombre d'or.

Epacte

L'Epacte est un nombre qui représente l'âge de la Lune au premier de Janvier.

Pour trouver l'Epacte :

Règle.—Multipliez par 11 le nombre d'or moins 1, et divisez le résultat par 30 ; le reste de la division est égal à l'épacte de l'année.

Ex. Quelle est l'épacte de l'année 1883 ?

3—1=2, et 2×11=22 ; l'Epacte est 22, car ce nombre est au-dessous de 30, et ne peut être divisé par 30.

Indication Romaine

L'indiction romaine est une période de 15 ans dont les Romains se servaient, à l'occasion d'un impôt extraordinaire. L'an 14 de l'ère chrétienne était la première d'un cycle d'indiction.

Pour trouver l'indiction Romaine :

Règle.—Ajoutez 3 au millésime de l'année donnée, et divisez par 15 ; le reste sera l'indiction ; s'il n'y a pas de reste l'indiction sera 15.

Le *nombre de direction* est le nombre de jours après le 21 Mars qu'est le Dimanche de Pâques ; si la Lune prend son plein le Dimanche, le Dimanche suivant est le jour de Pâques, on s'en assure en ajoutant au 21 Mars, le nombre de direction. Pour Mars, le nombre + 21, ou pour Avril le nombre—10.

Ex, Si le nombre de direction pour Mars est 4, on dit alors 21 + 4 = 25. Paques est le 25 mars.

Si le nombre de direction est 19 pour mars, on dit : 21 + 19 = 40 : 40 —31 = 9. Pâques est le 9 d'avril.

Si le nombre est 19 pour avril, on dit : 19—10 = 9. Pâques le 9 avril.

La lunaison où tombe le jour de Pâques est appelée *lune pascale.*

Tableau Perpétuel

Pour trouver le nombre de direction, étant données la lettre Dominicale et l'épacte.

Epacte.	Lettre Dominicale.							Epacte.	Lettre Dominicale.						
	A	B	C	D	E	F	G		A	B	C	D	E	F	G
0	26	27	28	29	30	24	25	15	12	13	14	15	9	10	11
1	26	27	28	29	23	24	25	16	12	13	14	8	9	10	11
2	26	27	28	22	23	24	25	17	12	13	7	8	9	10	11
3	26	27	21	22	23	24	25	18	12	6	7	8	9	10	11
4	26	20	21	22	23	24	25	19	5	6	7	8	9	10	11
5	19	20	21	22	23	24	25	20	5	6	7	8	9	10	4
6	19	20	21	22	23	24	18	21	5	6	7	8	9	3	4
7	19	20	21	22	23	17	18	22	5	6	7	8	2	3	4
8	19	20	21	22	16	17	18	23	5	6	7	1	2	8	4
9	19	20	21	15	16	17	18	24	33	34	35	29	30	30	32
10	19	20	14	15	16	17	18	25	33	34	35	29	30	30	32
11	19	13	14	15	16	17	18	26	33	34	28	29	30	30	[illegible]
12	12	13	14	15	16	17	18	27	33	27	28	29	30	30	[illegible]
13	12	13	14	15	16	17	11	28	26	27	28	29	30	30	[illegible]
14	12	13	14	15	16	10	11	29	26	27	28	29	30	30	[illegible]

Table Perpétuelle

Pour trouver le jour de Pâques, étant données la lettre Dominicale et l'épacte.

Epacte.	Lettre Dominicale.							Epacte.	Lettre Dominicale.						
	A	B	C	D	E	F	G		A	B	C	D	E	F	G
	Av.	Av.	Av.	Av.	Av.	Av.	Av.								
0	16	17	18	19	20	14	15					Ms			
1	16	17	18	19	13	14	15	16	2	3	4	29	30	31	1
											Ms				
2	16	17	18	12	13	14	15	17	2	3	28	29	30	31	1
										Ms					
3	16	17	11	12	13	14	15	18	2	27	28	29	30	31	1
									Ms						
4	16	10	11	12	13	14	15	19	26	27	28	29	30	31	1
															Ms
5	9	10	11	12	13	14	15	20	26	27	28	29	30	31	25
6	9	10	11	12	13	14	8	21	26	27	28	29	30	24	25
7	9	10	11	12	13	7	8	22	26	27	28	29	23	24	25
8	9	10	11	12	6	7	8	23	26	27	28	22	23	24	25
9	9	10	11	5	6	7	8		Av	Av	Av	Av	Av	Av	Av
10	9	10	4	5	6	7	8	24	23	24	25	19	20	21	22
11	9	3	4	5	6	7	8	25	23	24	25	19	20	21	22
12	2	3	4	5	6	7	8	26	23	24	25	19	20	21	22
13	2	3	4	5	6	7	1	27	23	17	18	19	20	21	22
						Ms									
14	2	3	4	5	6	31	1	28	16	17	18	19	20	21	22
					Ms										
15	2	3	4	5	30	31	1	29	16	17	18	19	20	21	15

La *Période Julienne* est un cycle de 7980 ans ; ce nombre est le produit des cycles lunaire, solaire et d'indiction (19 × 28 × 15) ; elle commence l'an 4713 avant l'ère chrétienne, 1re année de chacun des trois cycles ; cet accord ne se reproduira qu'en l'année 3268.

6513 + (l'année donnée—1800) = l'année de la période julienne.

Nota. Le chiffre de l'année julienne étant divisé séparément par 19, 28, 15, les restes de ces divisions sont les numéros de l'année dans les cycles lunaire, solaire, et d'indiction romaine.

Pour trouver l'âge de la Lune

Règle.—A la date du jour, ajoutez l'épacte et le nombre du mois, soustrayez du résultat 29 jours 12 heures et 44 minutes, autant de fois que la somme le permet ; le reste sera l'âge de la Lune.

Nota. Cette règle n'est qu'approximative, et ne s'emploie que lorsque l'âge de la lune n'est pas requis d'une manière précise.

ALMANACH

des Epactes et des lettres dominicales, de 1786 à 1902

Années	Jours	Lettre Dominicale	Epacte	Années	Jours	Lettres Dominicale	Epacte	Années	Jours	Lettres Dominicale	Epacte
1786	Mercr.	A	29	1825	Mardi	B	11	1864	Mardi *	CB	22
1787	Jeudi	G	11	1826	Mercr.	A	22	1865	Mercr.	A	3
1788	Sam. *	FE	22	1827	Jeudi	G	3	1866	Jeudi	G	14
1789	Dim.	D	3	1828	Sam. *	FE	[illegible]	1867	Vend.	F	25
1790	Lundi	C	14	1829	Dim	D	[illegible]	1868	Dim. *	ED	6
1791	Mardi	B	25	1830	Lundi	C	6	1869	Lundi	C	17
1792	Jeudi *	AG	6	1831	Mardi	B	17	1870	Mardi	B	28
1793	Vend.	F	17	1832	Jeudi *	AG	28	1871	Mercr.	A	9
1794	Samedi	E	28	1833	Vend.	F	9	1872	Vend. *	GF	20
1795	Dim.	D	9	1834	Samedi	E	20	1873	Samedi	E	1
1796	Mardi *	CB	20	1835	Dim	D	1	1874	Dim	D	12
1797	Mer.	A	1	1836	Mardi *	CB	12	1875	Lundi	C	23
1798	Jeudi	G	12	1837	Mercr	A	23	1876	Mercr.*	BA	4
1799	Vend.	F	23	1838	Jeudi	G	4	1877	Jeudi	G	15
1800	Samedi	E	4	1839	Vend.	F	15	1878	Vend.	F	26
1801	Dim.	D	15	1840	Dim *	ED	26	1879	Samedi	E	7
1802	Lundi	C	26	1841	Lundi	C	7	1880	Lundi *	DC	18
1803	Mardi	B	7	1842	Mardi	B	18	1881	Mardi	B	29
1804	Jeudi *	AG	18	1843	Mercr	A	29	1882	Mercr.	A	11
1805	Vend.	F	20	1844	Vend. *	GF	[illegible]	1883	Jeudi	G	22
1806	Samedi	E	11	1845	Samedi	E	[illegible]	1884	Sam. *	FE	3
1807	Dim.	D	22	1846	Dim.	D	[illegible]	1885	Dim.	D	14
1808	Mardi *	CB	3	1847	Lundi	C	14	1886	Lundi	C	25
1809	Mercr.	A	14	1848	Mercr.*	BA	25	1887	Mardi	B	6
1810	Jeudi	G	25	1849	Jeudi	G	6	1888	Jeudi *	AG	17
1811	Vend.	F	6	1850	Vend.	F	17	1889	Vend.	F	28
1812	Dim. *	ED	17	1851	Samedi	E	28	1890	Samedi	E	9
1813	Lundi	C	28	1852	Lundi *	DC	9	1891	Dim.	D	20
1814	Mardi	B	9	1853	Mardi	B	20	1892	Mardi *	CB	1
1815	Mercr.	A	20	1854	Mercr	A	1	1893	Mercr.	A	12
1816	Vend.*	GF	1	1855	Jeudi	G	12	1894	Jeudi	G	23
1817	Samedi	E	12	1856	Sam *	FE	23	1895	Vend	F	4
1818	Dim	D	23	1857	Dim.	D	4	1896	Dim. *	ED	15
1819	Lundi	C	4	1858	Lundi	C	15	1897	Lundi	C	26
1820	Mer *	BA	15	1859	Mardi	B	26	1898	Mardi	B	7
1821	Jeudi	G	26	1860	Jeudi *	AG	7	1899	Mercr.	A	18
1822	Vend	F	7	1861	Vendr.	F	18	1900	Jeudi	G	29
1823	Samedi	E	18	1862	Samedi	E	29	1901	Vend	F	11
1824	Lundi *	DC	29	1863	Dim.	D	11	1902	Samedi	E	22

Nombre du mois

	j h		j h		j h		j h
Janvier	0.00	Avril	1.16	Juillet	4. 2	Octobre	7.11
Février	1.17	Mai	2. 3	Août	5.13	Novem.	8.23
Mars	4	Juin	3.14	Septem.	7. 0	Décem.	9.10

Ex.—Quel est l'âge de la Lune le 20 juillet 1888 ?

La date	20
L'Epacte	22
Le nombre du mois	4. 2
	46. 2
	29.12
	16.14

46.2—29.12=16 jours et 14 heures.

Dates du jour de la semaine, déterminées par la table de l'almanach des Epactes, etc., etc.

Si lundi est le jour déterminé par l'année donnée, les dates suivantes seraient celles de tous les lundis de l'année.

Février Mars Novem.	Février * Aout	Mai	Janvier Octobre	Janvier * Avril Juillet	Septem. Décem.	Juin
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Nota. Dans les années bissextiles, janvier et février sont pris dans les colonnes marqués *.

Usage de la table

Cette table sert à trouver le jour de la semaine correspondant à une date donnée de 1786 à 1902.

Ex.—Quel était le jour de la semaine le 16 décembre de l'année 1835 ?

Vis-à-vis de 1835, dans la table, nous trouvons dimanche ; et dans la table précédente,au-dessous de décembre 13 ; conséquemment le 16 était mercredi.

Superficie et population de la Terre

Divisions	Superficie en milles carrés	Population	Pop. par mille carré
Amérique........	16 290 000	104 837 000	6,4
Europe..........	3 870 000	341 757 000	88,0
Asie............	16 623 000	765 146 000	46,0
Océanie	4 257 000	37 065 000	8,7
Afrique.... ...	11 610 000	202 753 000	17,6
Totaux.....	52 650 000	1 451 558 000	27,5

Les naissances annuelles sont environ $\frac{1}{30}$ de la population, les décès sont presque aussi nombreux, car l'augmentation est lente.

On estime le mouvement à une naissance et un décès par seconde.

De race Blanche...	640 000 000	Payens..........	676 000 000
De race Rouge....	22 000 000	Chrétiens........	385 000 000
Mulâtres.........	315 000 000	Mahométans.....	135 000 000
Noirs............	173 000 000	Juifs	7 000 000

Les 385 000 000 de chrétiens se divisent comme suit :

Eglise de Rome..	220 000 000
Protestants......	88 000 000
Grecs et autres...	77 000 000

Capacité des principales églises

En estimant à 19,7 pouces carrés pour chaque personne

St-Pierre, à Rome	54 000	St-Jean de Latran.......	22 900
Cathédrale de Milan.	3 760	Notre-Dame, à Paris....	21 000
St-Paul, à Rome.........	32 000	Cathédrale de Pise	13 000
Ste-Pétronille à Bologne..	24 400	St-Etienne, à Vienne....	12 400
St-Paul, à Londres.......	25 000	St-Dominique à Bologne..	12 000
Cathédrale de Florence...	24 300	St-Pierre	11 400
" d'Anvers..	24 000	Cathédrale de Sienne....	11 000
Ste-Sophie, Constantinop.	23 000	St-Marc à Venise...	7 000

Longueur des Ponts

Ponts	Pieds	Ponts	Pieds	Ponts	Pieds
Avignon	1710	Londres	950	Potomac....	5300
Badajoz.....	1874	Lyon........	1560	Riga........	2600
Belfast......	2500	Menai	1050	Strasbourg..	3390
Blackfrias ..	995	Pont-Neuf. .	996	Vauxhall....	860
Boston......	3483	P.-St-Esprit.	3060	Westminster	1223

Longueur entre les Piliers

Britania....	460	Chûte Niagara, Niagara..	1268	Schulkill....	340
Conway.....	400	Queenstown.	1040	Southwark..	240
Menai......	580			Wheeling....	1010

Profondeur de la Mer

Lieux	Pieds	Lieux	Pieds	Lieux	Pieds
Mer Baltique	120	Ouest du Cap de B. Espér..	16000	C. Carnaveral	2400
" Adriatiq.	130	O. de Ste Hél.	27000	C. Charleston	4200
La Manche..	300	de Tortuga à Cuba.......	4200	Cap Hatteras	3120
D. de Gibral.	100	Golfe Floride	3720	Cap Henry..	4200
Est du "	3000	Cap "	1950	Sand Hock..	2400
Côted'Espag.	6000			G.St-Laurent	1200

Profondeur

L'Océan Atlantique est estimé 26 000 pieds.
L'Océan Pacifique " 29 000 "

Longueur des Fleuves

Fleuves	Milles	Fleuve	Milles	Fleuves	Milles
Europe		Iénissei et Selenga.....	3580	Ohio et Allegany.....	1480
Danube.....	1800	*Afrique.*		Riv. Rouge..	1520
Guadiana...	500	Gambie.....	1000	" Brave...	2300
Pô.........	420	Niger.......	2400	St-Laurent..	1450
Rhin.......	840	Nil.........	3240	Susquehanna	620
Rhône......	510	*Amérique N.*		Tennessée..	790
Seine......	450	Arkansas....	2070	Saskatchéwan-Nelson	1400
Vistule....	700	Colorado....	1050	*Amérique Sud*	
Volga......	2500	Colombie....	1100	Amazone....	400
Asie.		Kansas......	1400	Essequibo..	520
Amour......	2500	La Platte...	850	Magdalena..	900
Euphrate....	1900	Mackenzie.	2800	Orénoque....	1600
Gange......	1850	Mississipi..	1350	Riv. Platte..	2700
Hang-Ho....	3040	Missouri et Mississipi.	4300	Rio Madeira.	2300
Kiang......	3290			" Negro...	1650
Tigre......	1160			Uruguay....	1100

Hauteur des chutes et des cascades.

Localités.....	Pieds	Lacalités......	Pieds	Localités......	Pieds
Arve, Savoie	1600	Missouri.....	50 / 80 / 94	Passaie........	74
Cascade, Alpes	2400	Montmorency.	250	Potomac.......	74
Cataractes.... du Nil....	40	Niagara......	164	Ruban, Vallée de Yosemite.	3300
Mohawk.....	48			Vall. de Yosem	2600

Les grands lacs de l'Amérique du Nord

Noms	Longueur milles	Largeur milles	Profondeur moyenne pieds	Hauteur au dessus de la mer pieds	milles carrés
Ontario	180	65	500	282	6000
Erié	250	80	200	555	6000
Huron	200	160	120	574	20000
Michigan	360	109	900	587	20000
Supérieur	355	160	998	627	32000

Superficie des océans et des mers

Océans ou mers	Milles carrés	Océans ou mers	Milles carrés
Antarctique	7 700 000	Caspienne	160 000
Arctique	4 250 000	Indien	26 300 000
Atlantique	38 600 000	Méditerran.	10 000 000
Baltique	175 000	Pacifique	67 600 000
Mer noire	950 000		

Poids des hommes et des femmes

La moyenne des poids de 20 000 hommes et femmes, pesés à Boston en 1864, était :

Pour les hommes 141 livres ½ ;
Pour les femmes 124 livres ½.

Poids des cloches

Cloches	livres	Cloches	livres
Moscou, Russie	432 000	Alarme pour feu. N.-Y.	21 612
St-Ivan, Moscou	127 830	Oxford, Angleterre	18 000
Vienne, Autriche	40 200	St-Pierre, Rome	18 000
Rouen, France	40 000	St-Paul, Angleterre	11 470
Olmutz, Bohême	40 000	Linden, Allemagne	10 854
Westminster, Anglet.	30 350	Lewiston, Maine	10 233
Bourdon de Montréal	28 560	Worcester, Angleterre	6 600
Hôtel de ville N.-Y.	22 300	York. "	6 384

Longueur du clou à cheval

No 5........1½ pouce	No 7......1⅞ pouce	No 9.......2¼ pouce
No 6........1¾ "	No 8......2 "	No 10.....2½ "

Longueur des clous ordinaires, et nombre par livre

Calibre	Long.	Nomb.	Calibre	Long.	Nomb.	Calibre	Long.	Nomb.
	Pouc.			Pouc.			Pouc.	
3d	1¼	420	6d	2	175	20d	3½	52
4	1½	270	8	2½	100	30	4	24
5	1¾	220	10	3	65	40	4½	20

Ages des Animaux

Un chameau vit 100 ans ; un ours, un chevreuil, une vache, un loup, 20 ans ; un cheval 30 ; un marsouin 30 ; un lion 79 ; un éléphant 400 ; une tortue 100 ; un rhinocéros 20 ; un mouton 10 ; un pourceau 20 ; un cygne 300 ; une baleine estimée à 1000 ; les lièvres, lapins et écureuils 7 ans.

A une profondeur de 45 pieds dans la terre, la température est la même toute l'année.

Les corps solides deviennent lumineux à une température d 800 degrés.

L'épaisseur d'une feuille d'or est la 280 000e d'un pouce.

Vitesse du Son

Dans l'air	1 142	pieds par seconde	
Dans l'eau	4 708	"	"
Dans le fer	17 500	"	"
Dans le cuivre	10 378	"	"
Dans le bois	12 000 a 16 000 pieds		

Distance à laquelle se fait entendre

	Pieds	Milles
La voix dans un air calme	460	0.087
Un porte-voix avec un vent léger	15 840	3.
Détonation d'un fusil	16 000	3.02
Le tambour	10 560	2.
Musique d'instruments en cuivre	15 840	3.
Forte canonade	575 000	90.

La vitesse de la lumière du soleil est 192 500 milles par seconde.

La lumière se répand comme la chaleur : elle s'étend par rayons, et est soumise aux mêmes lois.

Une chandelle de spermacéti de 0.85 pouce de diamètre consume 1 pouce à l'heure.

La différence entre les marées, en moyenne, est de 49 minutes par jour.

Une scie pour le marbre exige ½ force de cheval.

TABLE

des distances en milles auxquelles on peut voir les objets, selon leur hauteur

Hauteur en pieds	Distance en milles	Hauteur en pieds	Distance en milles	Hauteur en pieds	Distance en milles
* 0,582	1	15	5.07	80	11.72
1	1.31	16	5.24	90	12.43
2	1.85	17	5.4	100	13.1
3	2.27	18	5.56	150	16.05
4	2.62	19	5.72	200	18.54
5	2.93	20	5.86	300	22.7
6	3.21	25	6.55	400	26.2
7	3.47	30	7.18	500	29.3
8	3.7	35	7.76	1000	41.45
9	3.93	40	8.3	2000	58.61
10	4.15	45	8.8	3000	71.79
11	4.36	50	9.37	4000	82.9
12	4.54	55	9.72	5000	92.68
13	4.71	60	10.14	1 mille	95.28
14	4.9	70	10.97		

* Pour 1 mille des statuts, la courbure de la terre = 6,99 pouces.

La différence des niveaux est en raison du carré des distances.

Quelle sera la hauteur d'un objet visible à trois milles de distance ? $1^2 : 3^2 :: 6.99 : 20.97$ pouces.

Pour 1 mille nautique, la courbure égale 7.962 pouces, ou 0.63[illegible] pied pour 1 mille.

La différence entre deux distances est en raison de la racine carrée des hauteurs.

La distance due à 3 pieds de hauteur est,

$\sqrt{0.582}$ ou 0.763 : $\sqrt{1}$ :: $\sqrt{3}$ ou 1.732 : 2.27 milles.

Ventilation nécessaire

Chaque personne (adulte) consomme, par sa respiration, de 3 à 4 pieds cubes d'air par minute. Les ouvertures ou croisées ordinaires laissent passer environ 8 pieds cubes d'air par minute.

Vitesse de la vapeur par seconde dans l'air

Pression au-dessus d'une atmosphère	Vitesse en pieds	Pression au-dessus d'une atmosphère	Vitesse en pieds	Pression au-dessus d'une atmosphère	Vitesse en pieds
1	482	10	1277	50	1791
3	791	20	1504	70	1877
5	937	30	1643	100	1957

La vitesse d'une meule de moulin à farine, pour un diamètre de 4 pieds, est de 120 à 140 révolutions par minute. Maximum de vitesse du périmètre, 2000 pieds par minute.

Chauffage des maisons

Par la vapeur ou par l'eau chaude.

Pression de la vapeur, de $1\frac{1}{2}$ à 2 livres.

Un pied carré de surface de tuyau chauffera de 40 à 100 pieds cubes d'air, à 70 degrés, dans les latitudes où la température extérieure ne dépasse pas 10° au-dessous de 0°.

La grande différence entre 40 et 100 est adoptée dans le but de rencontrer toutes les conditions, les coins des chambres, corridors, etc., plus ou moins exposés au froid.

Mais comme règle générale, 1 pied carré de surface de tuyau chauffera 75 pieds cubes d'air.

On a aussi mis en pratique les règles suivantes, qui donnent des résultats très peu différents des règles précédentes.

Un pied carré de surface de tuyau pour chaque étendue de 6 pieds carrés de vitrage des croisées.

Un pied carré de surface de tuyau pour chaque volume de 6 pieds cubes d'air admis par les croisées et portes, en allouant le double pour les portes du dehors.

Un pied carré de surface de tuyau pour chaque étendue de 120 pieds carrés de muraille et plafond.

La somme des nombres ainsi obtenus, est la quantité de pieds carrés de surface calorifique nécessaire.

Tout récemment, on a érigé des calorifères à eau chaude qui ont donné des résultats satisfaisants, en comptant sur un pied carré pour 50 pieds cubes d'air.

Transport des animaux

Espace requis à bord d'un vaisseau :

Pour chevaux ; 30 pouces sur 9 pieds.
" bœufs : 32 " sur 9 "

Provisions par jour :

Pour chevaux : foin 15 livres, avoine 6 pintes, eau 4 gallons ;
Pour bœufs : foin 18 livres, avoine 6 gallons, eau 6 gallons.

Extration d'une racine quelconque d'un nombre

N....nombre dont on cherche la racine.
n....exposant ou degré de la puissance.
A....nombre de comparaison ayant pour racine r.
R....racine cherchée.

Opération par la règle de trois :

$(n+1)A+(n-1)N$, est à $(n+1)N+(n-1)A$, comme r, racine du nombre de comparaison, est à R, racine cherchée.

$$[(n+1)A+(n-1)N]:[(n+1)N+(n-1)A]::r:R$$

Ex. – Quelle est la racine cubique de 1500 ?

$$N=1500,\quad n=3,\quad A=1331,\quad r=11.$$

$$(n+1)A=5324 \qquad (n+1)N=6000$$
$$(n-1)N=3000 \qquad (n-1)A=2662$$

$$8324 \qquad 8662::11:11.447$$

Pour les Tables de Logarithmes, voir l'Arithmétique de M. Toussaint.

Dimensions et poids des Boulons et Ecrous carrés ou hexagonaux

Diam. du boulon	Epaisseur de l'écrou	Largeur de l'écrou carré	* Diam. de l'écrou hexagonal	† Largeur de la tête	Volume			
					Ecrou carré	Ecrou hexagonal	Tête hexagonale	Boulon par pouce de longueur
pouces	pouces	pouces	pouces	pouces	pouces cubes	pouces cubes	pouces cubes	pouces cubes
.1/8	.15	.2	.1/4	.2	.00416	.00425	.0045	.01227
.3/16	.2	.3	.3/8	.3	.01248	.01276	.0152	.02761
.1/4	.25	.45	.1/2	.4	.03835	.02836	.036	.04908
.5/16	.35	.55	.5/8	.1/2	.07903	.06235	.07	.07669
.3/8	.4	.6	.3/4	.6	.09984	.10209	.1215	.1104
.7/16	.5	.75	.7/8	.7	.2061	.17368	.1929	.1503
.1/2	.55	.85	.1	.8	.28941	.25584	.2531	.1963
.9/16	.6	.95	.1 1/8	.85	.3924	.34449	.3658	.2485
.5/8	.7	1.1	.1 1/4	.95	.6323	.49625	.5076	.3067
.11/16	.75	1.2	.1 3/8	1.05	.8016	.64328	.6822	.3712
.3/4	.8	1.3	.1 1/2	1.1/8	.9986	.81664	.8543	.4417
.13/16	.9	1.4	.1 5/8	1.1/4	1,2977	1.0782	1.143	.5184
.7/8	.95	1.5	.1 3/4	1.35	1.5663	1.3199	1.435	.6013
1.	1-1	1.75	.2	1.1/2	2,5048	1.996	2.025	.7854
1.1/8	1.25	1.95	.2 1/4	1.7	3.5106	2.8701	2.926	.994
1.1/4	1.37	2.15	.2 1/2	1.7/8	4.6518	2.8846	3.955	1.227
1.3/8	1.5	2.4	.2 3/4	2.1	6.414	5.1474	5.457	1.434

Dimensions et poids des Boulons et Ecrous carrés ou hexagonaux

Diamètre du boulon	Epaisseur de l'écrou	Largeur de l'écrou carré	* Diam. de l'écrou hexagonal	† Largeur de la tête	Volume			
					Ecrou carré	Ecrou hexagonal	Tête hexagonale	Boulon par pouce de longueur
pouces	pouces	pouces	pouces	pouces	pouces cubes	pouces cubes	pouces cubes	pouces cubes
1.$\frac{1}{2}$	1.65	2.6	3.	2.$\frac{1}{4}$	8.2384	6.737	6.834	1.767
1.$\frac{5}{8}$	1.8	2.8	3.$\frac{1}{4}$	2.45	10.381	8.6267	8.778	2.073
1.$\frac{3}{4}$	1.9	3.	3.$\frac{1}{2}$	2.$\frac{5}{8}$	12.53	10.559	10.853	2.405
1.$\frac{7}{8}$	2.05	3.25	3.$\frac{3}{4}$	2.8	15.993	13.058	13.23	2.761
2.	2.2	3.45	4.	3.	19.275	15.27	16.2	3.141
2.$\frac{1}{8}$	2.35	3.7	4.$\frac{1}{4}$	3.$\frac{3}{16}$	23.838	19.257	19.43	3.546
2.$\frac{1}{4}$	2.5	3.9	4.$\frac{1}{2}$	3.$\frac{3}{8}$	28.085	22.966	23.066	3.976
2.$\frac{3}{8}$	2.6	4.1	4.$\frac{3}{4}$	3.$\frac{9}{16}$	32.188	26.613	27.128	4.43
2.$\frac{1}{2}$	2.75	4.3	5.	3.$\frac{3}{4}$	37.351	31.19	31.641	4.906
2.$\frac{5}{8}$	2.9	4.55	5.$\frac{1}{4}$	3.$\frac{15}{16}$	44.345	36.263	36.628	5.411
2.$\frac{3}{4}$	3.	4.75	5.$\frac{1}{2}$	4.$\frac{1}{8}$	49.871	41.17	42.114	5.939
2.$\frac{7}{8}$	3.15	4.95	5.$\frac{3}{4}$	4.$\frac{5}{16}$	56.736	47.249	48.123	6.491
3.	3.3	5.2	6.	4.$\frac{1}{2}$	65.908	54.105	54.675	7.068
3.$\frac{1}{4}$	3.6	5.65	6.$\frac{1}{2}$	4.$\frac{7}{8}$	85.059	69.003	69.514	8.295
3.$\frac{1}{2}$	3.85	6.1	7.	5$\frac{1}{4}$	106.218	85.582	86.822	9.621
3.$\frac{3}{4}$	4.1	6.5	7.$\frac{1}{2}$	5$\frac{5}{8}$	127.945	104.626	106.787	11.044
4.	4.4	6.95	8.	6	157.241	127.75	129.6	12.566

Dimensions et poids des Boulons et Ecrous carrés ou hexagonaux

Diamètre du boulon	Epaisseur de l'écrou	Largeur de l'écrou carré	* Diam. de l'écrou hexagonal	† Largeur de la tête	Volume			
					Ecrou carré	Ecrou hexagonal	Tête hexagonale	Boulon par pouce de longueur
pouces	pouces	pouces	pouces	pouces	pouces cubes	pouces cubes	pouces cubes	pouces cubes
4.¼	4.65	7.35	8.½	6.⅜	185.24	152.411	155.45	14.186
4.½	4.95	7.8	9.	6.¾	222.43	181.893	184.528	15.904
4.¾	5.2	8.25	9.½	7.⅛	261.781	212.901	217.023	17.72
5.	5.5	8.65	10.	7.½	303.531	249.507	253.125	19.635
5.¼	5-75	9.1	10.½	7.⅞	351.687	287.589	293.024	21.647
5.½	6.05	9.5	11.	8.¼	402.277	332.097	336.909	23.758
5.¾	6.3	9.95	11.½	8.⅝	441.224	377.872	384.971	25.967
6.	6.6	10.4	12.	9.	527.248	431.152	437.4	28.274

* Diamètre extrême de l'écrou.
† Carrée ou hexagonale ; l'épaisseur doit être 0,8 du diamètre du boulon.

Corps Elémentaires, avec leurs symboles et équivalents, et la date de la découverte

Corps	Symb.	Equiv.	Corps	Symb.	Equiv.	Corps	Symb.	Equiv.
Aluminium, 1827...	Al	13,75	Fluor, 1771	Fl	19	Plomb, touj. connu..	Pb	103,50
Antimoine, XVe s...	Sb	120	Gallium, 1875.......	Ga	35	Potassium, 1807	K	39
Argent, touj. connu.	Ag	108	Glucinium, 1827.....	Gl	7	Rhodium,1803.......	Ro	52
Arsenic, 1733......	As	75	Hydrogène, 1766 ...	H	1	Rubidium, 1861....	Rb	85
Azote, 1772........	Az	14	Indium, 1863........	In	56,7	Rnthénium. 1843....	Ru	52
Baryum, 1774......	Ba	68,50	Iode, 1811..........	I	127	Sélénium, 1818.....	Se	39,75
Bismuth, XVIe siècle	Bi	212	Iridium, 1803	Ir	98,5	Silicium, 1808......	Si	14
Bore, 1808..........	Bo	11	Lanthane, 1839.....	La	45	Sodium,1807	Na	23
Brome, 1826.......	Br	80	Lithium, 1807.......	Li	7	Soufre, touj. connu.	S	16
Cadmium, 1817	Cd	56	Magnésium, 1808. ..	Mg	12	Strontium, 1790	St	43.75
Calcium, 1808......	Ca	20	Manganèse, 1774.. ..	Mn	27,50	Tantale, 1801	Ta	91
Carbone, touj. connu	C	6	Mercure, touj. connu	Hg	100	Tellure, 1798.......	Te	64,5
Cerium, 1809.......	Ce	47,25	Molybdène, 1778. ...	Mo	48	Thallium, 1862.....	Tl	204
Chlore, 1774......	Cl	35,50	Nickel, 1751......	Ni	29,50	Thorium, 1851......	Th	57,75
Chrome ,1797......	Cr	26,25	Niobium, 1844......	Nb	47	Titane, 1791,........	Ti	25
Cobalt, 1733.	Co	29,50	Or, toujours connu..	Au	98,2	Tungstène, 1790....	Tu	92
Cœsium, 1861......	Cs	133	Osmium, 1803......	Os	99,5	Uraninm, 1789.	U	60
Cuivre, touj. connu.	Cu	31,50	Oxigène, 1774.	O	8	Vanadium, 1830....	Va	51,3
Didyme, 1839......	Di	48	Palladium, 1803....	Pd	53.25	Ytterbium..........	Yb	173
Erbium, 1844......	Er	166	Philippium, 1878....	Pp	58	Yttrium. 1827......	Yt	30.9
Etain, touj. connu..	Sn	59	Phosphore, 1669....	Ph	31	Zinc, XIIe siècle....	Zn	33
Fer, toujours connu.	Fe	28	Platine, 1740.......	Pt	99,5	Zirconium, 1789....	Zr	45

Erbium, 1844......	Er	168	Philippium, 1878....	Pp	58	Yttrium, 1827......	Yt	30.9
Etain, touj. connu..	Sn	59	Phosphore, 1669....	Ph	31	Zinc, XIIe siècle....	Zn	33
Fer, toujours connu.	Fe	28	Platine, 1740.......	Pt	99,5	Zirconium, 1789....	Zr	45

Principaux Observatoires publics ou privés

(Longitude donnée en temps)

Lieux	Latitude ° ′ ″	Longitude h m	Lieux	Latitude ° ′ ″	Longitude h m s
Albany, Dudley...........	N 42 30 50	O 4 55 00	Montréal, tour, Canada.....	N 45 31 00	O 4 54 13
Berlin, Prusse............	N 52 30 16	E 0 53 35	Moscou, Russie..........	N 55 45 19	E 2 30 17
Birr Castle (Lord Ross).....	N 53 05 47	O 0 31 41	Munich, Allemagne........	N 48 08 45	E 0 46 27
Bruxelles, Belgique........	N 50 51 10	E 0 17 29	Naples, Italie............	N 40 51 46	E 0 56 59
Cambridge, Etats-Unis.....	N 42 22 49	O 4 44 32	Nouvelle-Orléans, Etats-U..	N 29 57 26	O 6 00 33
Cambridge, Angleterre.....	N 52 12 51	E 0 00 23	New-York, Etats-Unis......	N 40 43 49	O 4 55 56
Cap de Bonne Espérance....	S 33 56 03	E 1 13 55	Olmutz, Autriche..........	N 49 35 43	E 1 09 00
Copenhague, Danemark....	N 55 40 53	E 0 50 20	Palerme, Italie..........	N 38 06 44	E 0 53 24
Dublin, Irlande...........	N 53 23 13	O 0 25 22	Paris, France............	N 49 50 13	E 0 09 21
Edimbourg, Ecosse........	N 55 57 23	O 0 12 43	Portsmouth, Angleterre....	N 50 48 03	O 0 04 24
Florence, Italie...........	N 43 46 41	E 0 45 04	Québec, Canada..........	N 46 48 30	O 4 44 29
Genève, Suisse...........	N 46 11 59	E 0 24 38	Rome, Italie............	N 41 53 52	E 0 49 55
Georgetown, Etats-Unis....	N 38 54 26	O 5 08 18	Saint-Pétersbourg, Russie..	N 59 56 29	E 2 01 14
Greenwich, Angleterre.....	N 51 28 38	" 0 00 00	Santiago, Chili..........	S 33 26 24	O 4 42 19
Hambourg, Allemagne......	N 53 33 05	E 0 39 54	Stockholm, Suède.........	N 59 20 31	E 1 12 15
Leipsick, Allemagne.......	N 51 20 20	E 0 49 28	Sydney, Australie........	S 33 51 41	E 10 05 00
Leyde, Hollande.........	N 52 09 28	E 0 17 57	Toronto, Canada,.........	N 43 39 35	O 5 17 33
Liverpool, Angletorre......	N 53 24 47	O 0 12 00	Turin, Italie............	N 45 04 02	E 0 33 47
Madras, Inde............	N 13 04 08	E 5 20 57	Varsovie, Pologne........	N 52 13 05	E 1 24 08
Marseille, France.........	N 43 17 50	E 0 21 29	Zurick, Suisse...........	N 47 22 31	E 0 34 12

Latitude et Longitude des Lieux principaux

(Le premier méridien étant à Grenwich)

AMERIQUE

Lieux	Latitude	°	'	"	Longitude	°	'	"
Acapulco, Mexique	N	16	50	19	O	99	49	52
Albany, New-York	"	42	39	50	"	73	44	49
Annapolis, Maryland	"	38	58	42	"	76	29	06
Ann-Arbor, Michigan	"	42	16	48	"	83	43	03
Antigua. Antilles	"	17	05		"	61	45	
Auburn, New-York	"	42	55		"	76	28	
Augusta, Georgie	"	33	28		"	81	54	
Augusta, Maine	"	44	18	43	"	69	50	
Austin, Texas	"	30	13	30	"	97	39	
Baltimore, Maryland	"	39	17	48	"	76	36	39
Bangor, Maine	"	44	48	20	"	68	45	42
Bâton-Rouge, Louisiane	"	30	26		"	91	18	
Bénicia, Californie	"	38	03	21	"	122	07	13
Beaufort, Caroline-Sud	"	32	25	57	"	80	41	23
Bellevue, Kansas	"	38	08	24	"	95	47	46
Boston, Massachusetts	"	42	21	30	"	71	03	30
Boston (Phare)	"	42	19	36	"	70	53	06
Balize, Louisiane	"	29	08	05	"	89	01	04
Brazos Santiago, Texas	"	26	06		"	97	12	
Bridgeport, Connecticut	"	41	10	30	"	73	11	04
Bristol, Rhode-Island	"	41	49	11	"	71	16	05
Brooklyn, New-York	"	40	42		"	73	58	30
Brunswick, Maine	"	43	54	29	"	69	57	24
Buffalo, New-York	"	42	50		"	78	59	
Burlington, New-Jersey	"	40	04	52	"	74	52	37
Berlington, Vermont	"	44	27		"	78	10	
Bath, Maine	"	43	54	55	"	69	48	40
Barnegat, New-Jersey	"	39	46		"	74	06	
Beaufort, Caroline-Nord	"	34	43	05	"	76	39	28
Barbade, Antilles	"	13	03		"	59	37	
Buenos-Ayres, La Plata	S	34	36	08	"	58	22	
Cambridge, Massachusets	N	42	22	48	"	71	07	40
Calais, Maine	"	45	11	05	"	67	16	30
Camden, Caroline-Sud	"	34	17		"	80	33	
Canandaigua. New-York	"	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	77	17	
Cap-Anne, Massachusetts	"	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	70	34	10
Cap-Cod "	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	70	09	48
Cap-Flattery, Territoires	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	"	124	43	54
Cap-Hancock, Colorado	"	46	[illegible]	35	"	124	01	45
Cap-Hattéras, Caroline-Nord	"	35	15	02	"	75	30	54

AMÉRIQUE—*Suite*

Lieux	Latitude	°	'	"	Longitude	°	'	"
Cap-May, New-Jersey	N	38	55	48	O	74	57	18
Cap-Race, Terreneuve	"	46	39	24	"	53	04	3
Cap-Henlopen, Delaware	"	38	46	06	"	75	04	07
Cap-Fear, Caroline-Nord	"	33	48		"	77	57	
Cap-Carnaveral, Floride	"	28	27	30	"	80	33	
Cap-Floride. "	"	25	39	54	"	80	09	02
Caracas, Vénézuéla	"	10	30		"	67	01	30
Cap-Saint-Roch, Brésil	S	5	28		"	35	17	
Cap-Horn, île de l'Ermite	"	55	59		"	67	16	
Callao, Pérou	"	12	4		"	77	13	
Cap-Sable, Nouvelle-Ecosse	N	43	24		"	65	36	
Cap-Sable, Floride	"	25	6	53	"	81	15	
Cap-Charles, Virginie	"	37	7	18	"	75	57	54
Cap-Henri "	"	36	55	30	"	76	0	2
Cap-Breton, Nouvelle-Ecosse	"	45	57		"	59	48	5
Castine, Maine	"	44	22	30	"	68	45	
Cédar-Keys, Floride	"	29	7	27	"	82	56	12
Charleston, Caroline-Sud	"	32	46	44	"	79	55	39
Chagres, Panama	"	9	20		"	80	1	21
Cheboygan, Michigan	"	45	40	9	"	84	24	37
Chicago, Illinois	"	41	53	48	"	87	37	47
Cincinnati, Ohio	"	39	5	54	"	84	29	31
Charlestown, Massachusetts	"	42	22	36	"	71	3	18
Carthagène, Nouvelle-Grenade	"	10	26		"	75	36	
Cleveland, Ohio	"	41	31		"	81	51	
Columbia, Caroline-Sud	"	33	59	57	"	81	1	54
Columbus, Ohio	"	39	57		"	83	3	
Concord, New-Hampshire	"	43	12	29	"	71	29	
Corpus-Christi, Texas	"	27	47	18	"	97	27	02
Council-Blufs, Nébraska	"	41	30		"	95	48	
Crescent-City, Californie	"	41	44	34	"	124	11	22
Campéche, Yucatan	"	19	49		"	90	33	
Dayton, Ohio	"	39	44		"	84	11	
Desmoines, Iowa	"	41	35		"	93	40	
Détroit, Michigan	"	42	19	46	"	83	2	23
Dover, Delaware	"	39	10		"	75	30	
Dover, New-Hampshire	"	43	13		"	70	54	
Dominique, Antilles	"	15	38		"	61	26	
Dubuque, Iowa	"	42	29	55	"	90	39	57
Eastport, Maine	"	44	54	10	"	66	58	59
Edenton, Caroline-Nord	"	36	3	27	"	76	35	48
Erié, Pensylvanie	"	42	8	43	"	80	4	12
Frédéricbourg, Virginie	"	38	18	6	"	77	27	17
Falls-Saint-Anthony, Minnésota	"	44	58	40	"	93	10	30

AMÉRIQUE—*Suite*

Lieux	Latitude				Longitude			
		°	'	"		°	'	"
Fire-Island, New-York	N	40	37	54	O	73	12	48
Fort-Gibson, Territoire Indien	"	35	47	35	"	95	15	10
Fort-Laramie, Nébraska	"	42	12	10	"	104	47	43
Fort-Leavenworth, Kansas	"	39	21	14	"	94	44	
Frankfort, Kentucky	"	38	14		"	84	40	
Frédérick, Maryland	"	39	24		"	77	18	
Frédérickton, Nouveau-Brunswick	"	46	3		"	66	38	15
Galveston, Texas	"	29	18	17	"	94	46	59
Gloucester, Massachusets	"	42	34	47	"	70	39	33
Guadeloupe, Antilles	"	15	57		"	61	44	
Georgetown, Bermudes	"	32	22	2	"	64	37	6
Guayaquil, Equateur	S	2	13		"	79	53	
Grand-Caïman, Antilles	N	19	20		"	81	10	
Havane, Cuba	"	23	9		"	82	21	23
Hole in the Wall, Antilles	"	25	51	5	"	77	10	6
Halifax, Nouvelle-Ecosse	"	44	39	4	"	63	35	
Harrisbourg, Pensylvanie	"	49	16		"	76	50	
Hartford, Connecticut	"	41	45	59	"	72	40	45
Holmes Hole, Massachusets	"	41	27	13	"	70	35	59
Huntsville, Alabama	"	34	36		"	86	57	
Hudson, New-York	"	42	14		"	73	46	
Indianapolis, Indiana	"	39	55		"	86	5	
Jackson, Mississipi	"	32	23		"	90	8	
Jalapa, Mexique	"	19	30	8	"	96	54	30
Jefferson-City, Missouri	"	38	36		"	92	8	
Key-West, Floride	"	24	33		"	81	47	18
Kingston, Nouveau-Brunswick	"	44	8		"	76	28	37
Kingston, Jamaïque	"	17	58		"	76	46	
Knoxville, Tennessee	"	35	59		"	83	54	
Laguayra, Vénézuéla	"	10	36		"	67	2	
Lima, Pérou	S	12	3		"	77	6	
Lancaster, Pensylvanie	N	40	2	36	"	76	20	33
Lexington, Kentucky	"	38	6		"	84	18	
Little-Rock, Arkansas	"	34	40		"	92	12	
Lockport, New-York	"	43	11		"	78	46	
Los-Angélos, Californie	"	34	3	15	"	118	10	44
Louisville, Kentucky	"	38	3		"	85	30	
Lowell, Massachusets	"	42	38	46	"	71	19	2
Matamoras, Texas	"	25	52	50	"	97	27	50
Machias Bay, Maine	"	44	33		"	67	22	
Madison, Wisconsin	"	43	4	31	"	89	23	26
Marblehead, Massachusets	"	42	30	14	"	70	50	39
Matagorda, Texas	"	28	41	29	"	95	57	29
Mexico, Mexique	"	19	25	45	"	99	5	6

AMÉRIQUE—*Suite*

Lieux	Latitude				Longitude			
		°	′	″		°	′	″
Macon, Georgie	N	32	50	24	O	83	37	39
Milwaukée, Michigan	"	43	2	24	"	87	54	4
Montgomery, Alabama	"	32	22	46	"	86	17	48
Mobile "	"	30	41	26	"	88	1	29
Montréal, Canada	"	45	31		"	73	32	56
Montérey, Californie	"	36	37	36	"	122	49	31
Martinique, Antilles	"	14	27		"	60	55	
Montsérat	"	16	48		"	62	12	
Maracaïbo, Vénézuéla	"	10	39		"	71	45	
Montévidéo, Uruguay	S	34	53		"	56	13	
Mona-Island, Antilles	N	18	7		"	67	47	
Matanzas, Cuba,	"	23	3		"	81	40	
Nantucket, Massachusets	"	41	16	54	"	70	5	36
Nashville, Tennessée	"	36	9	33	"	86	49	3
Nassau, Antilles	"	25	5	2	"	77	21	2
Natches, Mississipi	"	31	34		"	91	24	42
Nébraska, Nébraska	"	41	5	5	"	101	21	24
New-Bedford, Massachusets	"	41	38	10	"	70	55	16
Newbern, Caroline-Nord	"	35	20		"	77	5	
Newbourg, New-Jersey	"	41	31		"	74	1	
Newburgport, Massachusets	"	42	48	25	"	70	48	40
Newcastle, Delaware	"	39	39	36	"	75	33	27
Newhaven, Connecticut	N	41	18	28	"	72	55	25
New-London "	"	41	21	16	"	72	5	29
Nouvelle-Orléans, Louisiane	"	29	57	46	"	90	2	30
Newport, Rhode-Island	"	41	29	12	"	71	18	29
New-York, New-York	"	40	42	43	"	74		3
Norfolk, Virginie	"	36	50	50	"	76	18	47
Norwich, Connecticut	"	41	33		"	72	7	
Nantucket (phare), Massachusets	"	41	23	24	"	70	2	24
Ocracoke, Caroline-Nord	"	35	6	28	"	75	58	51
Ogdensbourg, New-York	"	44	45		"	75	30	
Olympia, Territoires	"	47	3		"	122	55	
Ottawa, Canada	"	45	23		"	75	42	4
Old-Point-Comfort, Virginie	"	37	0	2	"	76	18	6
Panama, Nouvelle-Grenade	"	8	57	9	"	79	27	17
Pensacola, Floride	"	30	24	33	"	87	12	4
Pérote, Mexique	"	19	28	57	"	97	8	15
Philadelphie, Pensylvanie	"	39	56	53	"	75	8	42
Pittsburg "	"	40	32		"	80	2	
Pétersbourg, Virginie	"	37	13	47	"	77	23	55
Plattsbourg, New-York	"	44	42		"	73	26	
Plymouth, Massachusets	"	41	57	23	"	70	39	47
Pointe-Hudson, Territoires	"	48	7		"	122	44	33

Lieux	Latitude				Longitude			
		°	'	"		°	'	"
Portland, Maine	N	43	39	28	O	70	14	58
Providence, Rhode-Island	"	41	49	26	"	71	23	59
Portsmouth, New-Hampshire	"	43	4	14	"	70	42	12
Puebla, Mexique	"	19		15	"	98	2	21
Porto-Rico, Antilles	"	18	24		"	65	39	
Port-au-Prince, Haïti	"	18	33		"	72	16	3
Porto-Cabello, Vénézuéla	"	10	28		"	68	7	
Porto-Bello, Nouvelle-Grenade	"	9	34		"	79	40	
Prairie-du-Chien, Wisconsin	"	43	2		"	91	8	35
Québec (citadelle), Canada)	"	46	49	12	"	71	12	15
Raleigh, Caroline-Nord	"	35	46	50	"	78	37	50
Richmond, Virginie	"	37	32	16	"	77	25	43
Rochester, New-York	"	43	8	17	"	77	51	
Rio-Janeiro, Brésil	S	22	56		"	43	9	
Sackett's-Harbor, New-York	N	43	55		"	75	57	
Savannah, Georgie	"	32	4	52	"	81	5	15
Sacramento, Californie	"	38	34	41	"	121	27	44
Saint-Augustin, Floride	"	29	48	30	"	81	35	
Saint-Louis, Missouri	"	38	37	28	"	90	15	16
Saint-Paul, Minnesota	"	44	52	46	"	95	4	54
Salem, Massachusets	"	42	31	12	"	70	53	36
Saltillo, Mexique	"	25	26	22	"	101	1	45
Salt-Lake-City, Utah	"	40	46	8	"	112	6	8
San-Antonio, Texas	"	29	25	22	"	98	29	15
San-Diégo, Californie	"	32	41	58	"	117	13	22
Sandusky, Ohio	"	41	32	30	"	82	42	15
Sandy-Hook, New-Jersey	"	40	27	42	"	73	59	48
San-Francisco, Californie	"	37	47	36	"	122	26	48
San-Francisco (Station)	"	37	48		"	122	23	19
San-Louis-Obispo, Californie	"	35	10	38	"	120	43	31
San-Pédro	"	33	43	20	"	118	16	3
Santa-Fé, Nouveau-Mexique	"	35	41	6	"	106	1	22
Shénectady, New-York	"	42	48		"	73	55	
Syracuse	"	43	3		"	76	9	16
Springfield, Illinois	"	39	48		"	89	33	
Stonington, Connecticut	"	41	19	36	"	71	54	
Sweet-Water-Mouth, Nébraska	"	42	27	18	"	107	45	27
Saint-Christophe, Antilles	"	17	24		"	62	50	
Saint-Eustatius	"	17	29		"	63		
Saint-Joseph, Missouri	"	23	3	13	"	109	40	44
Saint-Barthélemy, Antilles	"	17	53	30	"	62	56	54
Saint-Martin "	"	18	5		"	63	3	
Sainte-Croix "	"	17	44	30	"	64	49	42
Saint-Jean "	"	18	16		"	64	42	

AMÉRIQUE—*Suite*

Lieux	Latitude				Longitude			
		°	'	"		°	'	"
Saint-Thomas, Antilles	N	18	21		O	64	55	18
Saint-Domingue "	"	18	29		"	69	52	
Santiago de Cuba "	"	19	58		"	75	52	
Saint-Vincent "	"	13	9		"	61	14	
Turk's Island "	"	21	32		"	71	10	
Tabago "	"	11	20		"	60	27	
Trinidad "	"	10	39		"	61	32	
Tampa-Bay, Floride	"	27	36		"	82	45	15
Tallahassée	"	30	28		"	84	36	
Tampico, Mexique	"	22	15	30	"	97	51	51
Taunton, Massachusets	"	41	54	11	"	71	5	55
Toronto, Ontario	"	43	39	35	"	79	23	21
Trenton, New-Jersey	"	40	13	10	"	74	45	30
Troy, New-York	"	42	43	44	"	73	49	41
Tuscalosa, Alabama	"	33	12		"	87	42	
Utika, New-York	"	43	6	49	"	75	13	
Vandalia, Illinois	"	38	50		"	89	2	
Véra-Cruz, Mexique	"	19	11	52	"	96	8	36
Victoria, Texas	"	28	46	57	"	97	1	
Vincennes, Indiana	"	38	43		"	87	25	
Valparaiso, Chili	S	33	2		"	71	41	
Washington, Etats-Unis	N	38	53	20	"	77	0	15
West-Point, New-York	"	41	23	26	"	73	57	1
Wheeling, Virginie	"	40	7		"	80	42	
Wilmington, Caroline Nord	"	34	14	3	"	77	56	47
Wilmington, Delaware	"	39	44	27	"	75	32	42
Worcester, Massachusets	"	42	16	17	"	71	48	13
York, Pensylvanie	"	39	58		"	76	40	
Yorktown, Virginie	"	37	13		"	76	34	
EUROPE, ASIE, AFRIQUE, OCÉANIE.								
Anvers, Belgique	N	51	13		E	4	24	
Alexandrie, Egypte	"	31	12		"	29	53	
Arkangel, Russie	"	64	32		"	40	33	
Athènes, Grèce	"	37	58		"	23	44	
Alep, Turquie d'Asie	"	36	11		"	37	10	
Alger, Algérie	"	36	47		"	3	4	
Amsterdam, Hollande	"	52	22		"	4	53	
Bornéo, Océanie	"	5			"	115		
Batavia "	"	6	8		"	106	50	
Bassora	"	30	30		"	48		
Botany-Bay, Australie	"	34	2		"	151	13	

EUROPE, ASIE, AFRIQUE, OCÉANIE

Lieux	Latitude				Longitude			
		°	'	"		°	'	"
Barcelone, Espagne	N	41	23		E	2	11	
Bombay, Indoustan	"	18	56		"	72	54	
Bristol, Angleterre	"	51	27		O	2	35	
Brême, Allemagne	"	53	5		E	8	49	
Berlin, Prusse	"	52	30	16	"	13	23	45
Bruxelles, Belgique	"	50	51	10	"	4	22	
Bencoolen, Sumatra	S	3	48		"	102	19	
Cape-Clear, Irlande	N	51	26		O	9	29	
Calais, France	"	50	58		E	1	51	
Constantinople, Turquie	"	41	1		"	28	59	
Cap Sainte-Marie, Madagascar	S	25	39		"	45	7	
Canton, Chine	N	23	7		"	113	14	
Cronstadt, Russie	"	59	59		"	29	47	
Copenhague, Danemark	"	55	41		"	12	34	
Le Cap, Afrique, Sud	S	33	56	3	"	18	28	45
Cadix, Espagne	N	36	32		O	6	18	
Calcutta, Indoustan	"	22	34		E	88	22	
Christiania, Norvège	"	59	55		"	10	43	
Corinthe, Grèce	"	37	54		"	22	52	
Le Caire, Egypte	"	30	3		"	31	18	
Candie, Turquie	"	35	31		"	25	8	
Ceylan, Indoustan	"	9	49		"	80	23	
Congo, Afrique	S	6	8		"	12	9	
Dublin, Irlande	N	53	23	12	O	6	20	30
Douvres, Angleterre	"	51	8		E	1	19	
Edimbourg, "	"	55	57		O	3	12	
Falkland, Iles	S	15	55		"	5	45	
Fayal "	N	38	30		"	28	42	
Fidji "	S	17	41		E	178	58	
Florence, Italie	N	43	46		"	11	16	
Funchal, Madère	"	32	38		O	16	55	
Greenwich, Angleterre	"	51	28	38	"		—	
Genève, Suisse	"	46	11	59	E	6	9	15
Galligo, Iles	"	1	42		O	104	5	
Glasgow, Ecosse	"	55	52		"	4	16	
Gibraltar, Espagne	"	36	7		"	5	22	
Gênes, Italie	"	44	24		E	8	53	
Honolulu, Iles	"	21	19		"	157	52	
Hood, Iles Marquises	S	9	26		"	138	57	
Hambourg, Allemagne	N	53	33		"	9	58	
Le Havre, France	"	49	29		"	0	6	
Jeddo ou Yeddo, Japon	"	35	40		"	140		
Jérusalem, Syrie	"	31	48		"	37	20	
Liverpool, Angleterre	"	53	24	47	O	3	[illegible]	

EUROPE, ASIE, AFRIQUE, OCEANIE—*Suite*

Lieux	Latitude				Longitude			
		°	'	"		°	'	"
Leyde, Allemagne	N	52	9	28	E	4	29	15
Leghorn, Italie	“	43	32		“	10	18	
Lisbonne, Portugal	“	38	42		O	9	9	
Leipsick, Allemagne	“	51	20	20	E	12	22	
Moscou, Russie	“	55	40		“	35	33	
Malte, Ile	“	35	54		“	14	30	
Madrid, Espagne	“	40	25		O	3	42	
Malaga “	“	36	43		“	4	26	
Moka, Arabie	“	13	20		E	43	12	
Mascate, “	“	23	37		“	58	35	
Marseille, France	“	43	18		“	5	22	
Majorque, Ile	“	39	34		“	2	23	
Manille, Ile	“	14	36		“	121	2	
Madras, Indoustan	“	14	4	9	“	80	15	45
Nouvelle-Zélande, Ile	S	34	24		“	173	1	
Nouvelles-Hébrides, Iles	“	15	28		“	167	7	
Niphon (Cap Idron), Japon	N	34	36	3	“	138	50	35
Naples, Italie	“	40	50		“	14	16	
Navigateurs, Iles	S	14	9		O	169	2	
Owyhee ou Havaï, Iles	N	20	23		“	155	54	
Odessa, Russie	“	46	28		E	30	44	
Pékin, Chine	“	39	54		“	116	28	
Palerme, Sicile	“	38	8		“	13	22	
Paris, France	“	48	50	13	“	2	20	
Prince-de-Galles, Ile	S	10	46		“	142	12	
Porto-Praya, Iles du Cap-Vert	N	14	54		O	23	3	
Port-Jackson, Australie	S	38	51	32	E	151	18	
Rome, Italie	N	41	54		“	12	27	
Rotterdam, Hollande	“	5	54		“	4	29	
Scilly, Iles	S	16	30		O	155	10	
Sébastopol, Russie	N	44	37		E	33	35	
Smyrne, Asie mineure	“	38	26		“	27	7	
Siam, Asie	“	14	55		“	100		
Surate, Indoustan	“	21	11		“	72	47	
Santa-Cruz, Ténérife	“	28	28		O	16	16	
Singapour, Inde	“	1	17		E	103	50	
Sydney, Australie	S	33	52	42	“	151	23	
Séville, Espagne	N	36	50		O	5	58	
Sénégal (Fort), Afrique	“	16	1		“	16	32	
Sierra-Léoné “	“	8	38		“	13	18	
Suez, Egypte	“	29	59		E	29	34	
Sainte-Hélène, Ile	S	15	55		O	05	45	
Stockholm, Suède	N	59	20	31	E	18	6	
Saint-Pétersbourg, Russie	“	59	56		“	30	19	

EUROPE, ASIE, AFRIQUE, OCÉANIE—*Suite*

Lieux	Latitude				Longitude			
		°	'	"		°	'	"
Toulon, France	N	43	07		E	5	22	
Tunis, Tunisie	"	36	47		"	10	6	
Tanger, Maroc	"	55	47		O	5	54	
Venise, Italie	"	40	50		E	14	26	
Vienne, Autriche	"	48	13		"	16	23	
Varsovie, Pologne	"	52	13	5	"	21	2	9
Zanzibar, Afrique	S	6	28		"	39	33	

Alphabet Télégraphique

En usage en Canada

A	. —	X	. — .. .
B	— ...	Y	.. ..
C	.. .	Z	. ...
D	— ..	W	. — —
E	.	&	... .
F	. — .		
G	— — .	1	. — — .
H	....	2	.. — ..
I	..	3	... — .
J	— . — .	4	.... —
K	— . —	5	— — —
L	——	6	......
M	— —	7	— — ..
N	— .	8	— ....
O	. .	9	— .. —
P	.....	0	——
Q	.. — .		
R	. ..	?	— .. — .
S	...	!	— — — .
T	—	.	.. — — ..
U	.. —	,	. — . —
V	... —	;	. — . — .

L'alphabet en usage en Europe diffère un peu du nôtre.

DICTIONNAIRE

ANGLAIS FRANÇAIS POUR LES MACHINES

A

Abut. Aboutir.
Act. Fonction.
Adjusting pipe. Tuyau d'ajustement.
Air casing. Chemise de cheminée.
Air cushion. Matelas d'air.
Air pipe. Porte-vent.
" *pump.* Pompe à air.
" *space.* Capacité d'air.
" *tight.* Etanche à l'air.
" *valve.* Soupape à air.
Alternate motion. Mouvement alternatif.
Angle iron. Cornière.
Annular piston. Piston annulaire.
Antifriction pulleys. Galets.
Area, surface. Aire ou superficie.
Ashes. Cendres.
Ash pan. Cendrier.
Atmospheric. Atmosphérique.
Axle. Arbre ou axe.
Axle bearing. Portées
Axle box. Paliers.

B

Back balance. Contrepoids du tiroir.
Beams. Balanciers.
Bearers. Supports.
Bilge pump. Pompe d'éprisement.
Bilge injection. Epuisement.
Blow off. Vidange de chaudière.
Blow off cock. Robinet de vidange.
Blow through. Purger d'air.
Boiler. Chaudière.
Bolts. Boulons.
Bore of a pump. Calibre d'une pompe.
Boring. Alésage, forage.
Boring mill. Alésoir.
Borings. Alésures.
Box key. Clef de serrage.
Bracket. Tasseau.
Brass. Cuivre jaune, laiton.
Brake. Frein.
Bridge of a Boiler. Autel du fourneau.

Brine pumps. Pompes à saumure
Bulk heads. Cloisons.
Bushes. Paires de buttoirs.
Blocks. Poulie, mouffle.
Butt. Tête.
Bevel wheel. Roue conique.

C

Callipers. Compas courbé.
Cam. Palme.
Can. Bidon.
Cap. Chapeau.
Cape chisel. Bec-d'âne
Casing. Chemise.
Cast. Coulé.
Cast iron. Fonte.
Cast steel. Acier fondu.
Catch. Loquet.
Caulking. Mater.
Caulking sett. Matoir.
Cement. Ciment.
Centrifugal. Centrifuge.
Clock valve. Clapet.
Clearance. Espace libre
Clinkers. Scories.
Coals. Houilles, Charbon.
Coal trimmer. Tiseur
Cock. Robinet.
Collar. Collet.
Cog wheel. Roue dentée.
Connecting rod. Bielle.
Connecting rod end. Tête de bielle.
Cotter. Clavette.
Cotter pin. Boulon à clavette.
Cotton waste. Bourre de coton.
Counter-sink. Fraiser, noyer.
Cover. Couvercle.
Crack. Fissure, gerçure.
Crank. Manivelle.
Crank axle. Arbre coudé.
Cranck pin. Poignet de la manivelle.
Cut off. Détente.
Cut off valve. Valve de détente.

D

Dampers. Registres.
Davits. Daviers.
Dead wood. Massif.
Diameter. Diamètre.
Discharge pipe. Tuyau de décharge.

Donkey. Machine auxiliaire.
Drift. Repoussoir.
Drill. Mèche en acier.
Driving wheels. Roues motrices.
Driving axle. Axe moteur.
Drum. Tambour.

E

Eccentric. Excentrique.
Eccentric strap. Collier de l'excentrique.
Eccentric shaft. Arbre du tiroir.
Eduction port. Lumière d'émission.
Engine bearers. Carlingues de la machine.
Engine. Machine.
Engineer. Mécanicien.
Escape valve. Soupape d'échappement.
Equilibrium valve. Soupape d'équilibre.
Expansion gear. Appareil de détente.
Expansion joint. Joint à douille.
Endless screw. Vis sans fin.

F

Feathering floats. Aubes mobiles.
Feed pump. Pompe alimentaire.
Feeding engine. Machine auxiliaire.
Ferrules. Virolles.
Files. Limes.
Filings. Limaille.
Fillet. Gorge.
Fire bars. Barreaux de la grille.
Fire clay. Argile réfractaire.
Fire box. Boite à feu.
Fire door. Porte du foyer.
Fire irons. Tisonniers, ringards.
Fire hose. Tuyau à feu.
Flange. Rebord.
Flax. Filasse.
Force. Pouvoir, puissance.
Force pump. Pompe foulante.
Foot valve. Clapet de fond.
Friction. Frottement.
Fulcrum. Point d'appui.
Fuel. Combustible.
Furnace. Fourneau, foyer.

G

Gauge steam. Manomètre.
Gauge cocks. Robinets.
Gear. Appareil.

Gib. Contre-clavette.
Gong. Timbale.
Gland. Presse-étoupe.
Grease cocks. Robinet graisseur.
Gudgeons. Tourillons.
Guides. Glissières.
Gun metal. Bronze.

H

Hammer. Marteau.
Handle. Manche.
Hand gear. Manette.
Hand pump. Pompe à bras.
Heat. Chaleur.
Heating surface. Puissance calorifique.
Helm. Timon.
Hemp. Chanvre.
High pressure. Haute pression.
Holding down bolts. Boulons de carène.
Horse power. Force de cheval.
Hot well. Bâche.

I

Indicator. Indicateur.
Injection. Injection.
Inside bearing. Portée intérieure.
Iron. Fer.
Intermediate shaft. Arbre intermédiaire.
Incrustation. Sédiment.
Index. Indice, index.

J

Joints. Charnières, articulations.
Journal. Portée.
Junk ring. Couronne de piston.
Joiner. Menuisier.

K

Keel. Quille.
Keelsons. Carlingues.
Key. Clef de serrage.
Kingston valve. Soupape de navire.
Key of a cock. Noix.

L

Lagging. Revêtement.
Lop of slide valve. Recouvrement du tiroir.
Latent heat. Chaleur latente.
Lead of slide valve. Avance du tiroir.

Lead of the crank. Avance de la manivelle.
Leak. Voie d'eau, fuite.
Log of engine room. Loc de la machine.
Length of stroke. Longueur de course.
Links. Coulisse de changement.
Link motion. Mouvement à coulisses.
Lever. Levier.
Level. Niveau.
Lubricators. Godets à l'huile.

M

Machinery. Mécanisme.
Main center. Goujon central.
Man hole. Trou d'homme.
Metallic packing. garniture métallique.
Mortise. Mortaise.
Mud hole. Trou de nettoiement.
Muntz's metal. Alliage de Muntz,

N

Nave of a wheel. Moyeu
Notch. Encoche.
Nazzles of a Cyl. Projections des orifices.
Nut. Ecrou.

O

Oil. Huile.
Oil cups. Godets à l'huile.
Oscillating. Oscillante.
Outside bearing. Portée extérieure
Overhung. En surplomb.

P

Packing. Garniture.
Paddle wheels. Roues à aubes.
Paddle boxes. Tambour des roues.
Paddle boards. Aubes.
Parallel motion. Parallélogramme.
Pet cock. Robinet d'essai.
Pin. Boulon.
Pitch of a screw. Pas d'une hélice.
Pitching. Tangage.
Pitch of a wheel. Pas d'un engrenage.
Piston. Piston.
Pipe. Tuyau.
Plates. Tôles.
Plank. Planche.
Plunger. Piston de pompe.

Plug. Tampon.
Pop valve. Soupape de sûreté.
Poker. Tisonnier.
Ports. Lumières.
Priming. Projection d'eau.
Priming valve. Soupape d'échappement.
Pressure. Pression.
Pulley. Poulie.
Pump. Pompe.
Plummer black. Palier.

R

Rack. Crémaillère.
Radius. Rayon.
Radius rods. Bras de rappel.
Railing. Treillage.
Ratchet. Rochet.
Reciprocating. Alternatif.
Receiver. Récipient.
Rivet. Rivet.
Riveting. Rivure.
Riveting hammer.—Chasse-rivet.
Rod. Tige, tringle.

S

Safety plug. Bouchon fusible.
Safety valve. Soupape de sûreté.
Salinometer. Pèse-sel.
Scales. Incrustations.
Screw. Hélice, vis.
Screw bolt. Boulon taraudé.
Screw plate. Filière.
Seat of a valve. Siège d'une valve.
Shaft. Arbre.
Shears. Cisaille.
Sheers. Bigue, Chèvre.
Sheet iron. Fer laminé.
Sensible heat. Chaleur sensible.
Side levers. Balanciers.
Slide casing. Boîte à tiroir.
Slide rod. Tige du tiroir.
Slide valve. Tiroir.
Slide bars. Coulisses.
Slide blocks. Coulisseaux.
Slip of a screw. Recul de l'hélice.
Slit pin. Goujon fendu.
Smoke box. Boîte à fumée.
Smoke burning. Foyer fumivore.
Sole plate. Plaque de fondation.

Spanner. Clef à boulon.
Spare gear. Pièce de rechange.
Speed. Vitesse.
Spindle. Axe, goujon, fuseau.
Spring beams. Traversins.
Spur wheel. Roue droite.
Starting gear. Encliquetage.
Stays. Etais, Tirants.
Steam. Vapeur.
Steam chest. Boite à vapeur.
Steam port. Lumière de prise.
Steam gauge. Manomètre.
Steam governor. Régulateur.
Steel. Acier.
Stop valve. Soupape d'arrêt.
Strap. Courroie.
Stroke of piston. Course du piston.
Stud bolt. Boulon prisonnier.
Stuffing box. Boite à garniture.
Suction pipe. Tuyau de suecion.
Suction valve. Valve à succion.
Super heated steam. Vapeur surchauffée.
Syphon cock. Robinet de Siphon.
Syphon cups. Godets à l'huile.
Syphon wicks. Mèches de siphon.

T

Table. Plateforme.
Tap. Taraud.
Tap wrench. Tourne-à-gauche.
Templet. Gabarit.
Throttle valve. Registre de vapeur.
Thread of a screw. Filet d'une vis.
Travel of valves. Course des tiroirs.
Trunnions. Tourillons.
Tube. Tube, tuyau.
Tubular boiler. Chaudière tubulaire.
Tube plugs. Tampons des tubes.
Tug. Remorqueur.
Two way cock. Robinets à deux eaux.

V

Vacuum gauge. Baromètre.
Vacuum pump. Pompe pneumatique.
Vacuum valve. Soupapes renversées.
Valve casing. Boite de tiroir.

W

Waggon boile. Chaudière à tombeau
Washers. Rondelles.
Water gauge (glass). Indicateur du niveau de l'eau.
Warm wheel. Roue à vis.

TABLE ALPHABETIQUE

—

Age des animaux, transport........................ Pages 337,340
Aires des cercles d'après les diamètres........................ 163
Aires des segments de cercle selon les flèches........................ 42
Ajustage des excentriques........................ 212
Alliages métalliques, soudures........................ 117
Almanach des épactes et des lettres dominicales........................ 332
Alphabet télégraphique en usage en Canada........................ 354
Amarres, câbles et chaines, tables........................ 122
Aqueducs, engins à pomper, tuyaux........................ 106

Balances frauduleuses, double pesée de Borda........................ 86
Baromètre........................ 169
Bateaux à roues, leurs proportions........................ 248
Bielle, dessin d'une tête........................ 320
Boulons et écrous, Table........................ 116,341

Câbles et chaines, Tables........................ 123
Calorie, chaleur........................ 148,190, 278
Calorifère........................ 208
Canada, poids et mesures, alphabet télégraphique........................ 6,354
Capacité des principales églises........................ 334
Capacité des soutes à charbon........................ 162
Capacité d'un tonneau........................ 64
Carré et racine carrée, racine cubique........................ 23,238
Carré et cercle (relations)........................ 37
Carrés et cubes, et racines des nombres........................ 257,340
Centre de gravité........................ 83
Cercles, aires selon les diamètres........................ 163
Chaudières........................ 126,139,141,221,283
Chauffage des maisons........................ 339
Chauffe (Surface de)........................ 143
Chronologie, cycles........................ 328
Chute des corps, Table........................ 87
Ciments, mastics........................ 118
Circonférences selon les diamètres........................ 166
Citernes cylindriques, capacité........................ 63
Cloches (Poids des)........................ 337
Clous, longueur, nombre par livre........................ 337
Coin, vis........................ 71, 72
Colle, creusets........................ 120, 120
Condenseur........................ 210
Construction de l'hélice........................ 255,319

Contrepoids 310
Cornières en fer (poids) 149
Corps élémentaires, symboles, équivalents 344
Corps solides lumineux par la température 337
Coulisse de changement de marche 317

Décimales 12
Dents des roues, proportions 110
Dépense annuelle par l'usure du matériel 178
Détente ou expansion de la vapeur 199
Diagrammes 227
Dictionnaire anglais-français pour machines 355
Dilatation de l'eau 110
Dilatation, Table 197
Dimensions des machines à condenseur 306
Distance de visibilité, courbure du sol 338

Ebullition (Table des points d') 157
Ecoulement de l'eau, vitesse 101
Ecrous et boulons, Table 116, 341
Engins à pomper, tuyaux 106
Engins ou machines 289
Entrepreneur (Ouvrages d') 50
Epacte 329, 332
Equivalents des corps simples 344
Erection d'une machine dans un bateau 240
Etais, Table 129
Excentriques (Ajustage des) 212, 317

Fer à Chaudières 139
Fer et acier, ténacité, rupture, trempe 305
Fleuves (longueurs des 335
Force centrifuge 76
Force de cheval, force d'une machine 180
Force des poutres 56
Foyer des locomotives 311
Fractions décimales 12
Fractions de pouces en décimales 12
Friction ou frottement 80
Fusion (Table de) 107

Gain de combustible 204
Giffard (injecteur) 158
Gravitation, chute des corps 87
Gravité (centre de) 83
Grue 76

Hélice, pas, recul, etc 174, 246, 255, 319
Hydrodynamique 90
Hydrauliques (moteurs) 108

Immersion des roues 248
Indicateur de pression 225

Indiction romaine 330
Injecteur Giffard 153
Injection pour condenseur 206
Interception de la vapeur 219

Jet d'eau 110
Joints des chandières 128

Lacs 326
Latitude et longitude des lieux principaux 346
Lettres dominicales 328, 332
Levier 66
Locomotives 311
Longueur des fleuves 335
Longueur des ponts 334
Lumière (Vitesse de la) 333

Machines à vapeur 160, 184, 230, 295
Machines soufflantes 122
Manomètre 160
Mesures et poids du Canada 6
Métaux (poids des) 94
Moteurs hydrauliques 102

Nombre d'or 329
Nombres, carrés, cubes, racines, ... 23, 238, 257, 340
Nombres de direction, table 330
Note sur la construction des chandières 221

Observatoires (Principaux) 345
Onces en décimales de la livre 21

Pesanteur 80
Piston (Vitesse du) 305
Plan incliné 69
Poids des cloches 337
Poids des cornières en fer 149
Poids des hommes et des femmes 336
Poids des métaux, Tables 94
Poids des tubes 148
Poids des tuyaux, Tables 97
Poids et mesures du Canada 6
Poids spécifiques, Tables 91
Points d'ébullition, Table 187
Polygones réguliers, Tableau 32
Pompes, pompes alimentaires 106, 168
Ponts (Longueur des) 334
Pouces et fractions en décimales de la verge 21
Pouces et fractions en décimales du pied 20
Poulies, palans 73
Poutres (Force des) 56
Pouvoirs d'eau 102

Pouvoir ou puissance mécanique........ 65
Préface........ 3
Préliminaires........ 5
Pression de la vapeur, Table........ 196
Pression (Indicateur de)........ 225
Profondeur des mers........ 336
Proportions des bateaux à roues........ 248
Proportions des dents de roues........ 110
Proportions des machines à condenser........ 307
Proportions des pièces des machines........ 302
Proportions des roues........ 243
Puissance dynamique........ 315

Qualité du fer........ 118
Quantité de charbon requise pour un voyage........ 171
Quelques applications de la Trigonométrie........ 326

Recettes d'atelier........ 118
Recul des roues ou de l'hélice........ 248,174
Règle de trois........ 21
Règles pour les proportions des machines........ 307
Régulateur-pendule........ 80
Relation du pouvoir avec la vitesse........ 235
Relation entre le cercle et le carré........ 37
Résistance des convois à la traction........ 313
Ressorts sur les locomotives........ 312
Rivets des chaudières........ 139
Roue d'air ou volant........ 78
Roues à aubes........ 173,243,248
Roues dentées, proportions des dents........ 110
Rupture du fer........ 305

Saturation........ 185
Segments (Aires des)........ 42
Signes employés dans l'ouvrage........ 5
Sinus, cosinus, tangentes, etc........ 323
Soin des machines à vapeur........ 295
Son (Vitesse du)........ 337
Soudures........ 117
Soufflets centrifuges........ 122
Soupapes de sûreté........ 149
Sous-sol (Température du)........ 337
Soutes à charbon........ 162
Superficie des mers........ 336
Superficie et population de la Terre........ 334
Surface de chauffe........ 143
Surfaces et solides (Toisé des)........ 26
Symboles des corps élémentaires........ 344
Système métrique universel........ 9

Télégraphique (Alphabet)........ 354
Température du sous-sol........ 337

Ténacité du fer et de l'acier........ 93
Tender........ 317
Tête de bielle (Dessin d'une)........ 320
Thermomètre........ 188
Tiroir des machines à vapeur........ 212, 230
Toisé, des surfaces et des solides........ 26
Tonneau (capacité d'un)........ 64
Traction des convois (Résistances)........ 313
Transmission de la chaleur........ 197
Trempe de l'acier........ 118
Trigonométrie, Tables........ 321
Tubes (Diamètre et poids des)........ 148
Tuyaux (Poids des), Tables........ 97, 106

Vacuum ou vide........ 300
Vapeur (Machines à)........ 184, 289
Vapeur (volume et pression), Table........ 198
Ventilation des appartements........ 339
Vernis........ 120
Vidange des chaudières........ 161
Visibilité (Table des distances de)........ 338
Vis, vis de Withworth........ 72, 114
Vitesse de la vapeur dans l'air........ 339
Vitesse de l'eau........ 102
Vitesse des outils pour les métaux........ 122
Vitesse des roues à aubes........ 173
Vitesse du piston, machines à condenseur........ 305
Vitesse du son, de la lumière........ 337

TABLE ANALYTIQUE DES MATIERES

Préface 3
Préliminaires. Signes employés 5
Poids et mesures du Canada 6
Système métrique universel 9
Fractions décimales 12
Fractions de pouce en décimales 20
Pouces et fractions en décimales du pied 20
Pouces et fractions en décimales de la verge 21
Onces en décimales de la livre 21
Règle de trois 21
Carré et racine carrée, racine cubique 23, 238
Carres et cubes, et racines des nombres 257, 340
Toisé des surfaces et des solides 26
Tableau des polygones réguliers 32
Relations entre le cercle et le carré 37
Aires des segments selon les flèches 42
Aires des cercles d'après les diamètres 162
Circonférences d'après les diamètres 166

Force des poutres 56
Ouvrages d'entrepreneur 59
Capacité des citernes cylindriques 63
Capacité d'un tonneau 64
Pouvoir ou puissance mécanique 65
Levier, plan incliné, coin, vis 66
Poulie, palan, grue 73
Force centrifuge 76
Roue d'air ou volant, régulateur-pendule 78
Friction ou frottement 80
Centre de gravité 83
Balances frauduleuses, double pesée de Borda 86
Chute des corps, Table 87
Pesanteur, poids spécifiques, Tables 90
Ténacité du fer et de l'acier, rupture 96, 305
Trempe de l'acier, qualité du fer 118
Poids des métaux, Tables 94
Poids des tuyaux, Tables 97

Hydrodynamique 99
Ecoulement de l'eau, vitesse 101
Pouvoirs d'eau, moteurs hydrauliques 102
Aqueducs, engins à pomper, tuyaux 106
Jet d'eau, dilatation de l'eau 110

Roues dentées, proportions des dents........................ 110
Vis de Withworth, Table.. 114
Ecrous et boulons, Table.. 116, 341
Alliages métalliques, soudures................................. 117
Recettes d'atelier, ciments, mastics........................... 118
Colle, vernis, creusets.. 120
Vitesse des outils pour les métaux............................ 121
Machines soufflantes, soufflets centrifuges.................. 122
Amarres, câbles et chaînes, Tables............................ 123

Chaudières, étalon, étais, Table................................ 126
Fer à chaudières, joints, rivets................................. 139
Notes sur la construction des chaudières..................... 221
Chaudières tubulaires, chaudières marines.................. 141, 283
Surface de chauffe.. 143
Diamètre et poids des tubes..................................... 148
Poids des cornières en fer....................................... 149
Soupapes de sûreté, diverses sortes........................... 149
Injecteur Giffard, pompes alimentaires........................ 158
Vidange des chaudières... 161
Capacité des soutes à charbon.................................. 162
Quantité de charbon requise pour un voyage................. 171
Roues à aubes, vitesse.. 173
Proportions des roues... 243
Immersion des roues, recul....................................... 248
Proportions des bateaux à roues................................ 248
Erection d'une machine dans un bateau....................... 220
Hélice, pas, recul.. 174
Emploi de l'hélice comme moteur............................... 249
Construction de l'hélice... 255, 310
Dépense annuelle par l'usure du matériel.................... 178
Soin des machines à vapeur..................................... 205

Force de cheval, force d'une machine......................... 180
Machines à vapeur à haute pression........................... 184
Machines à vapeur à deux cylindres........................... 184, 289
Engins ou machines.. 289
Proportion des pièces, Table.................................... 302
Dessin d'une tête de bielle...................................... 320

Saturation. Table des points d'ébullition...................... 185
Thermomètre, baromètre, manomètre......................... 188
Chaleur, vaporisation, calorie................................... 148, 190, 27[illegible]
Table de fusion, dilatation et transmission................... 197
Vapeur, Table de volume et de pression....................... 198
Détente ou expansion de la vapeur............................. 199
[illegible]ble du gain de combustible................................ 204
Calorifère, condenseur, injection................................ 208
Vacuum ou vide... 300

Tiroir, ajustage des excentriques............................... 212
Point d'interception.. 219

Indicateur de pression, diagrammes.......................... 225
Tiroir réglé par l'indicateur................................ 230
Relation du pouvoir avec la vitesse.......................... 235
Vitesse du piston machine à condenseur....................... 405
Dimensions des machines à condenseur......................... 306
Règles pour les proportions de ces machines.................. 307

Locomotives, chaudière, foyer, ressort, contrepoids.......... 311
Résistance des convois à la traction, Table.................. 313
Puissance dynamique.. 315
Tender, excentriques... 317
Coulisse de changement de marche............................. 317

Trigonométrie.. 322
Table des sinus, cosinus, tangentes, etc..................... 323
Quelques applications.. 326

Chronologie, lettre dominicale............................... 328
Cycles solaire et lunaire, nombre d'or, épacte............... 329
Indiction romaine, nombre de direction, Table................ 330
Almanach des épactes et des lettres dominicales.............. 332

Superficie et population de la Terre......................... 334
Capacité des principales églises............................. 334
Longueur des ponts... 334
Profondeur des mers, longueur des fleuves.................... 335
Chutes, lacs, superficie des mers............................ 336
Poids des hommes et des femmes............................... 336
Poids des cloches.. 337
Age des animaux, Transport............................. 337, 340
Clous, longueur, nombre par livre............................ 337
Température du sous-sol, corps solides lumineux.............. 337
Vitesse du son, de la lumière................................ 337
Table des distances de visibilité, courbure de la terre...... 338
Vitesse de la vapeur dans l'air.............................. 339
Ventilation, chauffage des maisons........................... 339
Corps élémentaires, symboles, équivalents.................... 344
Principaux observatoires, longitude en temps................. 345
Latitude et longitude des lieux principaux................... 346
Alphabet télégraphique en usage en Canada.................... 354
Dictionnaire anglais-français pour les machines.............. 355
Table alphabétique... 363
Table analytique des matières................................ 369
Témoignage... 372

TÉMOIGNAGE

J'ai examiné une partie de l'ouvrage de mécanique appliquée que publie en ce moment Monsieur E. Many. Il me fait plaisir de dire ici que ce volume renfermera une foule de données, de formules et de renseignements de la plus haute importance et qu'on trouverait très difficilement ailleurs. M. E. Many mérite d'autant plus l'encouragement du public, qu'il est le premier à publier ici un ouvrage de ce genre en *français*.

J.-C.-K.-Laflamme.

Québec, 6 fév. 1883.

ique appliquée
me fait plaisir
le données, de
importance et
. Many mérite
t le premier à

LAMME.